

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Estrategias para explicar conceptos biotecnológicos complejos a una audiencia lega o semilega: el ejemplo de CRISPR-Cas

AUTOR

Juan Fernández Polo

TUTOR

David Bueno i Torrens



Máster en Comunicación Especializada
Mención Científica



UNIVERSIDAD DE BARCELONA
Facultad de Filología

Junio de 2018

Resumen

La comunicación de la ciencia y de sus avances a la población general es un asunto de gran importancia en la actualidad. La ciencia es un pilar fundamental en el desarrollo de la sociedad y en la mejora del bienestar, y aunque siempre fue importante su buena comunicación, en la actualidad, ante la amenaza de fenómenos como la posverdad que ponen en entredicho sus logros, transmitir sus conocimientos a la ciudadanía leiga de forma eficaz lo es aún más. En este Trabajo Fin de Máster se realiza una comparación entre dos métodos diferentes de divulgación científica, mediante la creación de dos textos que hacen uso de sendos métodos, para hacer comprender un concepto biotecnológico complejo: el sistema de edición génica CRISPR-Cas. Uno de los métodos concuerda con el estilo tradicional de divulgación en ciencia, más académico y con el uso de terminología específica. El otro, más heterodoxo, apuesta por crear un discurso más cercano al público, prescindiendo de tecnicismos y utilizando recursos más relacionados con el ámbito literario. Mediante las opiniones de los lectores de dichos textos, se llega a la conclusión de que es este último método con el que la audiencia leiga es capaz de comprender e interiorizar mejor el concepto explicado.

Palabras clave: comunicación científica, transferencia de conocimiento, biotecnología, CRISPR-Cas.

Abstract

Communicating science and its advances to the general population is a crucial issue nowadays. Science is key to the development of society and the improvement of welfare. Even though science communication has always been very important, today it is totally essential that the laypeople are transmitted the importance of science, due to the emergence of some phenomena, such as fake news, that are calling its achievements into question. In this End-of-Master Project, a comparison between two different methods of spreading science is carried out. Two texts were created, in order to make the readers understand the complex biotechnological concept of the CRISPR-Cas gene editing system. Each text was generated following a different point of view to spread scientific knowledge. One of this methods aligns with the traditional way of communicating science, academically and with a liking for the use of technical terms. The other one advocates for approaching the audience by eliminating technicalities and including literary devices. After the readers' opinions, it is concluded that the last of these two perspectives works better than the first one when making a complex scientific concept to be understood and internalised.

Keywords: scientific communication, knowledge transfer, biotechnology, CRISPR-Cas.

*La mayor parte de las ideas fundamentales de la ciencia son en sí mismas sencillas
y en general pueden traducirse en un lenguaje comprensible para todos.*

Albert Einstein (Ulm 1879 - Princeton 1955),
premio Nobel de Física 1921.

*Lo que CRISPR ya ha logrado es mucho más de lo que han logrado otras herramientas a
las que se les ha otorgado el premio Nobel. CRISPR puede usarse incluso para almacenar
una película en forma de ADN. Estoy convencido de que CRISPR recibirá el premio Nobel;
¿cuándo?, no lo sé.*

Francis Mojica (Elche 1963),
descubridor de CRISPR.

Agradecimientos

A los coordinadores del Máster y a todos los profesores, cuyas enseñanzas han abierto mi mente y han hecho de mí una persona más completa en muchos aspectos. Un agradecimiento especial a mi tutor, David Bueno, por su profesionalidad y esmero, por animarme a llevar a término mis ideas y por creer en ellas.

A todos mis compañeros del Máster, de todas las menciones: social, cultural y científica; por hacer de este año de estudio en Barcelona una experiencia muy auténtica: académica y profesional, pero sobre todo humana.

Al profesor Josep Besa Camprubí, quien tuvo a bien recomendarme la lectura de textos que resultaron reveladores para el estudio que quería realizar.

Al Departamento de Filología Hispánica y Clásica de la Universidad de León, por la ayuda prestada.

A todas y cada una de las personas que han colaborado desinteresadamente en este trabajo, dedicando su tiempo a leer y responder cuanto les pedí; sin su colaboración este proyecto nunca habría sido posible.

A mis padres, mi familia y mis amigos, cuyo apoyo y cariño incondicionales son pilares indispensables para poder conseguir mis logros, que son en gran parte suyos también.

A la ciudad de Barcelona, por haber sido y seguir siendo un sitio incomparable en el que disfrutar de la diversidad que la caracteriza, y a sus gentes, llegadas de tantos puntos del globo, por hacerle sentir a uno que esta ciudad ya siempre será su casa.

Índices

Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN	9
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y MARCO TEÓRICO	13
2.1. Biotecnología y CRISPR-Cas	13
2.1.1. Origen y funcionamiento de CRISPR-Cas	14
2.1.2. Aplicaciones de CRISPR-Cas	18
2.2. Comunicación de la ciencia a audiencias legas o semilegas	20
2.2.1. Ideas de Guiomar Ciapusio en <i>Lingüística y divulgación de la ciencia</i> (1997)	23
2.2.2. Ideas de Sara Robles Ávila en <i>El léxico en el periodismo de divulgación: entre el rigor científico y el sensacionalismo informativo</i> (2017)	24
3. METODOLOGÍA	31
3.1. Construcción de los dos textos divulgativos acerca del sistema CRISPR-Cas	33
3.1.1. Texto 1 o B: divulgación normativa	38
3.1.2. Texto 2 o A: divulgación alternativa	40
3.2. Construcción de las encuestas de valoración de los textos	42
3.3. Construcción de la encuesta de autovaloración de las capacidades para comunicar ciencia	45
4. RESULTADOS	47
4.1. Resultados de la encuesta previa a la lectura de los textos	47
4.2. Resultados de las encuestas de valoración de los textos	49
4.3. Resultados de la encuesta de autovaloración de las capacidades para comunicar ciencia	57
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN	63
6. REFERENCIAS	69
ANEXO I. Textos divulgativos	73
ANEXO II. Encuestas	79

Índice de figuras

Figura 1	17	Figura 6	50	Figura 11	56	Figura 16	59
Figura 2	27	Figura 7	52	Figura 12	57	Figura 17	60
Figura 3	48	Figura 8	54	Figura 13	58	Figura 18	60
Figura 4	48	Figura 9	55	Figura 14	58	Figura 19	61
Figura 5	49	Figura 10	56	Figura 15	59	Figura 20	61

1. INTRODUCCIÓN

Desde su nacimiento, la ciencia y la tecnología han sido entes en constante cambio, pues la evolución es inherente a su propia naturaleza. Para haber podido continuar con su desarrollo hasta la actualidad, la comunicación de la ciencia ha sido siempre necesaria en múltiples niveles: sin la transmisión de conocimiento, la evolución científica habría sido imposible. No obstante, a lo largo de los siglos, la sociedad ha cambiado y, en las últimas décadas, el conocimiento ha pasado de ser algo exclusivo para ciertos sectores de la población a estar al alcance de la gran mayoría de los habitantes del mundo occidental. Los ciudadanos han pasado de no saber que la ciencia y la tecnología les influyen directamente a comprobar por ellos mismos que están rodeados de progreso científico y técnico por todas partes: viviendas, medios de transporte, medios de comunicación, tratamientos sanitarios, etc.

Aunque, como se ha dicho, la ciencia y la tecnología siempre han estado en continua transformación, lo cierto es que el ritmo de este progreso no ha sido constante a lo largo del tiempo. Tal y como afirma la teoría del progreso científico de Thomas Kuhn (1962), desde hace unos 350 años las innovaciones científicas han sido clave, hasta el punto de impulsar un auge científico-técnico sin precedentes que se alarga hasta nuestros días. Es importante entender, por tanto, que nos encontramos en un momento histórico singular en el que la ciencia y la tecnología avanzan a un ritmo que la población en general no es capaz de seguir en su totalidad. Esta realidad podría explicar por qué, aunque la ciudadanía esté cada vez más interesada por la ciencia y sus avances, este interés no haya aumentado con la misma fuerza con la que sí han aumentado las aportaciones positivas de la ciencia a la sociedad (Rodríguez Espinosa, 2005).

Si unimos ambas realidades, el rápido avance de la ciencia con aplicaciones directas que modifican la forma de vida, por una parte, y una imposibilidad por parte de la población de comprender tales avances ante la diligencia con la que acontecen, por otra, se pone de manifiesto que el escenario actual se aleja del ideal. Parece natural pensar que, si la ciencia influye cada vez más en la manera en que vive la sociedad, esta

debería sentirse cada vez más capaz de comprenderla, aunque sea solamente a niveles básicos. Sin embargo, esto no es así; en ocasiones, incluso la opinión general de la población acerca de una cuestión o de un problema es opuesta a la respuesta que da la evidencia científica (Lynas, 2015). Una sociedad que diera la espalda a la ciencia, no podría generar conocimiento, lo que haría imposible que existiera la innovación e impediría que tal sociedad progresara o se desarrollase, llevándola así a no poder mejorar su calidad de vida (Lackner, 2014).

Consiguientemente, la comunicación eficaz de los diferentes avances de la ciencia y la tecnología al gran público, que será en su mayoría lego o, en todo caso, semilego, es un asunto importante que se debe abordar correctamente. Este apercibimiento no es nuevo, es más, es considerado por algunos autores un punto crucial de la actividad científica, una responsabilidad de los científicos para consigo mismos y para con la sociedad (Leshner, 2003). Y aunque se sabe que el público general debe conocer la actividad científica e incluso participar de ella, la transmisión de conocimiento científico a audiencias legas no se ha hecho con demasiado acierto a lo largo de los años. Uno de los motivos por los cuales esta transmisión no llega a buen puerto es que, muchas veces, la comunicación de la ciencia no se concibe teniendo en cuenta a la audiencia. Es decir, no se hace el esfuerzo de identificar el nivel en el que el público se encuentra, de identificar realmente cómo se necesita comunicar, para construir la comunicación a partir de ese punto (Grant, 2016). Así y todo, ya existen corrientes hoy en día que abogan por comunicar la ciencia de una manera mucho más cercana a audiencias legas, y que se entrene a los científicos para que sean capaces de comunicar de forma eficaz (Brownell *et al.*, 2013).

Como se ha expuesto más arriba, la ciencia en la actualidad se desarrolla a un ritmo rápido y sus aplicaciones son cada vez más avanzadas. Algunas de estas aplicaciones son percibidas como más alarmantes por el gran público por diversas razones, una de las cuales es la cultura popular que rodea a la ciencia desde hace unos años, especialmente influenciada por la ciencia ficción (Van Riper, 2003). Dentro de estas aplicaciones se encuentra la práctica biotecnológica denominada edición génica,

que hoy día es ya una realidad pero cuya función dista de la que se le atribuye en filmes como *Gattaca* (1997), visión que subyace en el imaginario colectivo de qué es lo que supone la edición génica. En la actualidad, los genes son editados con el objetivo de corregir variantes defectuosas causantes de enfermedades, o con el de dotar a ciertos organismos no humanos de capacidades fisiológicas de las que antes carecían. La técnica CRISPR-Cas es la herramienta gracias a la que la edición génica es, a día de hoy, mucho más fácil de conseguir. Su descubrimiento y utilización han hecho posible que editar el genoma de organismos más complejos no sea tan difícil como antes y, por tanto, han abierto las puertas a nuevas posibilidades y aplicaciones para la edición génica, como su uso en humanos para paliar diversos trastornos genéticos, entre otras.

La historia reciente de la herramienta CRISPR-Cas y su prometedora proyección hacen que el conocimiento de su funcionamiento por parte de la sociedad sea, en mayor o menor grado, necesario. Conocer y comprender cómo funciona una técnica biotecnológica que hoy día ocupa un papel clave en la investigación a nivel mundial y que será, con bastante seguridad, decisiva en las próximas décadas, hará que la población, la cual se verá afectada por esta herramienta directa o indirectamente, perciba dicha técnica como menos lejana y elimine el misterio que habitualmente subyace a los avances en investigación biotecnológica y biomédica.

En suma, los dos puntos principales expuestos en esta parte son, por un lado, una comunicación ineficaz de la ciencia y sus avances al público lego que fracasa a la hora de posicionarme en un punto próximo a su mismo nivel; por otro lado, la necesidad por parte de la población de conocer las aplicaciones científicas que le afectarán para comprenderlas mejor y desmitificarlas, en particular una aplicación biotecnológica próspera como es la edición génica con CRISPR-Cas. Por tales motivos, se ha decidido trabajar sobre cómo transmitir una explicación adecuada de este concepto (de entre todos los conceptos biotecnológicos que podrían ser de interés para la sociedad) a personas que no hayan recibido formación en este campo y que, precisamente a causa de ello, puedan sentir extraños todos los progresos que con CRISPR se consigan. La correcta explicación de una técnica como el sistema CRISPR-Cas es un asunto

complejo, puesto que en ella intervienen conceptos como enzima, ARN y demás términos que, de no estar familiarizada con ellos, su mera mención puede constituir un verdadero reto para la audiencia. Elegir otro concepto biotecnológico más sencillo para este estudio haría menos visible cuánto influye la manera como se comunica; sin embargo, adentrarnos en hacer comprender todo un proceso, como es necesario para la correcta explicación de la técnica CRISPR-Cas, hará más patente las diferencias entre las estrategias utilizadas para tal fin.

Por ello, en este estudio se compararán dos maneras de explicar el concepto biotecnológico CRISPR-Cas y su funcionamiento; una de ellas será semejante a la forma clásica de divulgar ciencia de la que se ha venido haciendo uso hasta nuestros días, y la otra utilizará elementos menos convencionales cuyo objetivo es acercar la explicación al público general. Una vez confeccionadas ambas explicaciones, estas serán leídas por diferentes personas, legas o semilegas en lo que respecta a CRISPR-Cas, para que valoren cuál de las dos aproximaciones a esta técnica de edición génica les ha ayudado más a interiorizar y llegar a comprender todo lo explicado. La hipótesis formulada (que se espera confirmar) para este pequeño ensayo es que sea la manera menos convencional la preferida por los lectores, pues se supone que es aquella que desarrolla la explicación teniendo en cuenta el desconocimiento del receptor acerca del tema y la lejanía con la que generalmente se perciben estos avances científicos.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y MARCO TEÓRICO

2.1. Biotecnología y CRISPR-Cas.

La biotecnología es una disciplina con la que el ser humano convive desde hace varios miles de años. Atendiendo a la definición del término *biotecnología* que aparece en la actualización de 2017 del diccionario de la Real Academia Española, esta es el «empleo de células vivas para la obtención y mejora de productos útiles, como los alimentos y los medicamentos». Ampliando esta definición, podría denominarse biotecnología a cualquier uso de elementos biológicos en procesos productivos. Sin la intervención de los microorganismos (seres vivos microscópicos, que pueden incluirse perfectamente dentro de la expresión «elementos biológicos»), por ejemplo, no sería posible la obtención de alimentos que se vienen fabricando desde eras muy remotas, como el pan, el queso o el vino, entre otros. Por tanto, aunque en aquel entonces los seres humanos ignorasen que estaban valiéndose de pequeños organismos vivos para la generación de sus víveres, la biotecnología como tal existe prácticamente desde que la especie humana deja de ser nómada, pues también se pueden considerar prácticas biotecnológicas la domesticación de los cultivos o la cría de animales híbridos como la mula (Verma *et al.*, 2011).

Con todo, y aun siendo bien antigua, la biotecnología se encuentra actualmente en auge gracias a las numerosas aplicaciones que tiene, muchas de las cuales prometen solucionar algunos de los problemas de la sociedad de hoy en día. Una de ellas es la edición génica, incluida dentro de la ingeniería genética, que da la posibilidad de modificar ciertos genes y así observar los efectos de tal modificación. Se entiende por ingeniería genética la manipulación del material genético de un organismo con diversos fines, para cuya consecución se utilizan técnicas biotecnológicas. Aunque la selección artificial de los ejemplares más deseados era una práctica común entre las civilizaciones de la Antigüedad tanto en agricultura como en ganadería, la ingeniería genética en sí nace en la década de 1970, cuando se consigue crear el primer organismo genéticamente modificado (Cohen *et al.*, 1973).

Volviendo al concepto de edición génica, dentro de las diferentes herramientas que permiten editar el genoma de un organismo existen varios ejemplos, como las nucleasas de dedos de cinc o las nucleasas efectoras similares a activadores de la transcripción, las cuales supusieron un gran avance en su época llegando a ser declaradas *Method of the Year* por la revista científica Nature en el año 2011. No obstante, la herramienta de edición génica más destacable en los últimos años ha sido el sistema CRISPR-Cas, el cual ha superado a las anteriores ampliamente y con rapidez.

La historia de CRISPR comienza a finales de la década de 1980, cuando fue descubierto, y entonces no se pensó que pudiera ser utilizado para editar el genoma. Su origen está en bacterias, y antes siquiera de haberse planteado su uso como potencial herramienta de edición génica, se habló de CRISPR como una suerte de inmunidad bacteriana (Pourcel *et al.*, 2005). De hecho, la primera evidencia de que CRISPR podría llegar a ser una herramienta de edición génica no tuvo lugar hasta el año 2011 (Deltcheva *et al.*, 2011).

2.1.1. Origen y funcionamiento de CRISPR-Cas.

Como se ha especificado previamente, el sistema CRISPR es propio de las bacterias. Estos organismos lo utilizan como un sistema de defensa adaptativo frente a material genético (ADN¹) procedente del exterior, generalmente de virus bacteriófagos (un tipo de virus que infectan exclusivamente a las bacterias). Cuando este ADN exógeno entra en el interior de la bacteria, estas guardan una copia del mismo dentro de su propio genoma, como una forma de memoria de infecciones pasadas. Este ADN exógeno se integra en una región muy concreta del cromosoma bacteriano llamada locus CRISPR, el cual está formado por repeticiones cortas de ADN parcialmente palindrómico, alternadas con secuencias variables o espaciadores (Barrangou y Marraffini, 2014), de ahí su nombre (CRISPR, de *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*). Dichas secuencias espaciadoras se corresponden con la copia del material genético que el virus bacteriófago introdujo en la bacteria. Cuando se produce una infección (introducción de ADN exógeno) por un virus del que ya existe

¹ Siglas para ácido desoxirribonucleico, una macromolécula biológica formada por una doble cadena de nucleótidos apareados.

información en el locus CRISPR (es decir, que ya infectó a la bacteria en el pasado), el sistema CRISPR actúa. Se producirán moléculas genéticas de ARN² (una molécula que también alberga información, similar al ADN) usando como molde las secuencias espaciadoras del locus CRISPR (Zhao *et al.*, 2014), que eran precisamente las copias del ADN del virus bacteriófago que la bacteria había guardado. Estas moléculas de ARN, guiarán a otras moléculas diferentes, las endonucleasas³ Cas (acrónimo de *CRISPR-associated*), hacia el ADN exógeno que el virus bacteriófago ha introducido, donde serán capaces de reconocer la secuencia genética igual a la que había en el locus CRISPR de la bacteria, a partir de la que fueron generadas. El complejo formado por la molécula de ARN y la endonucleasa Cas se unirá a esta secuencia y entonces actuará esta última, cuyo cometido será cortar la molécula de ADN (Mojica y Montoliu, 2016). De este modo, las bacterias consiguen destruir el material genético invasor, pues al cortar la molécula de ADN, la inutilizan.

Gracias a las progresivas y constantes investigaciones llevadas a cabo por diferentes grupos de trabajo, se pudo dar con el funcionamiento de este sistema (detallado en el párrafo anterior) que permitió deducir que podría ser útil como instrumento de ayuda para modificar genes. Sin embargo, para poder utilizar CRISPR-Cas como una herramienta de edición génica, es necesario realizar algunas alteraciones en los elementos naturales que conforman el sistema bacteriano. Primeramente, existen tres tipos de sistemas CRISPR-Cas, cuyo funcionamiento, pese a ser en base el mismo, difiere en algunos puntos. El tipo de sistema CRISPR-Cas más utilizado como herramienta de edición génica es el tipo II, puesto que es a dicho grupo al que pertenece la endonucleasa más usada para este fin: la endonucleasa Cas9 (así pues, el sistema se denomina CRISPR-Cas9). Cuando actúa en las bacterias como estrategia defensiva, Cas9 necesita que haya dos moléculas de ARN unidas para guiarla hasta el ADN exógeno del virus bacteriófago y poder finalmente sesgarlo (Jiang y Doudna, 2015). Para poder utilizar CRISPR-Cas9 como herramienta de edición génica, se ha de diseñar

² Siglas para ácido ribonucleico, una macromolécula biológica formada por nucleótidos que, en la mayoría de los casos, se encuentra en forma de cadena sencilla, es decir, con los nucleótidos sin aparear.

³ Una endonucleasa es una proteína capaz de reconocer una secuencia concreta de nucleótidos en una molécula de ADN y cortar dicha molécula en el mismo punto de reconocimiento.

una única molécula de ARN guía, planteada como equivalente a la pareja de moléculas de ARN existente en los sistemas naturales de tipo II (Doudna y Charpentier, 2014).

Por último, el resultado final de la acción de CRISPR-Cas sobre el ADN es un corte en su estructura. Queda de manifiesto, por tanto, que CRISPR-Cas modifica el genoma en tanto que genera un punto de ruptura, pero como para las células es inviable que la integridad del ADN esté comprometida, tienen mecanismos para reparar tal corte. Es decir, no basta solo con cortar el ADN; para que un gen esté propiamente modificado, y dicha modificación sea patente, el corte que el sistema CRISPR-Cas realiza debe ser reparado. Básicamente, la célula cuenta con dos estrategias diferentes para cumplir con esta tarea (ver figura 1):

- una en la que, a partir de un molde de ADN, se realiza una copia de dicho molde en el hueco generado (Escribano-Díaz *et al.*, 2013),
- y otra en la que, ante la inexistencia de este molde genético, se insertan aleatoriamente nucleótidos (los elementos básicos de los que se compone el ADN), para rellenar el corte (Davis y Chen, 2013).

Aunque en cada una de estas dos estrategias interviene un considerable número de diversos factores, la diferencia más importante es el resultado final de la reparación del corte.

- En la primera estrategia, la información del gen en el que CRISPR-Cas ha producido el corte ha sido reemplazada por la información genética contenida en el molde de ADN a partir del cual la célula ha realizado la reparación.
- En la segunda, en cambio, la secuencia que ha cortado CRISPR-Cas ha sido reparada mediante una inserción aleatoria de nucleótidos, lo que significa que se ha sustituido por una combinación carente de información genética, por lo que el gen ha quedado inactivado.

Esto es, en la primera estrategia el gen es reemplazado por otro (con una función diferente al original)⁴ y en la segunda estrategia el gen es inactivado (porque no se sustituye por ningún otro gen, sino por una combinación aleatoria de nucleótidos).

⁴ En realidad lo habitual no es reemplazar un gen por otro, sino reemplazar alelos. Se denominan alelos a todas aquellas posibles formas o variantes que puede tomar un mismo gen. Es decir, el gen sigue siendo el mismo pero cambia de variante, lo que conlleva, en la mayoría de las ocasiones, un cambio también de función. Para comprenderlo mejor, tomando un ejemplo mendeliano, el gen que regula el color de los guisantes puede tomar el alelo «A», y entonces el guisante será amarillo, o el alelo «a», y en cambio el guisante será verde; pero el gen «color» sigue siendo el mismo, por mucho que cambie su alelo.

Sabiendo esto, a la hora de plantear el procedimiento para modificar un gen concreto mediante el uso de CRISPR-Cas9, es preciso conocer la secuencia de nucleótidos del gen a modificar para así diseñar correctamente la molécula de ARN que guiará el corte que Cas9 realice (Brazelton *et al.*, 2015). Además, si lo que se pretende es sustituir un gen por otro, se debe aportar también el molde de ADN con la información correspondiente al gen a incluir (Song y Stieger, 2017).

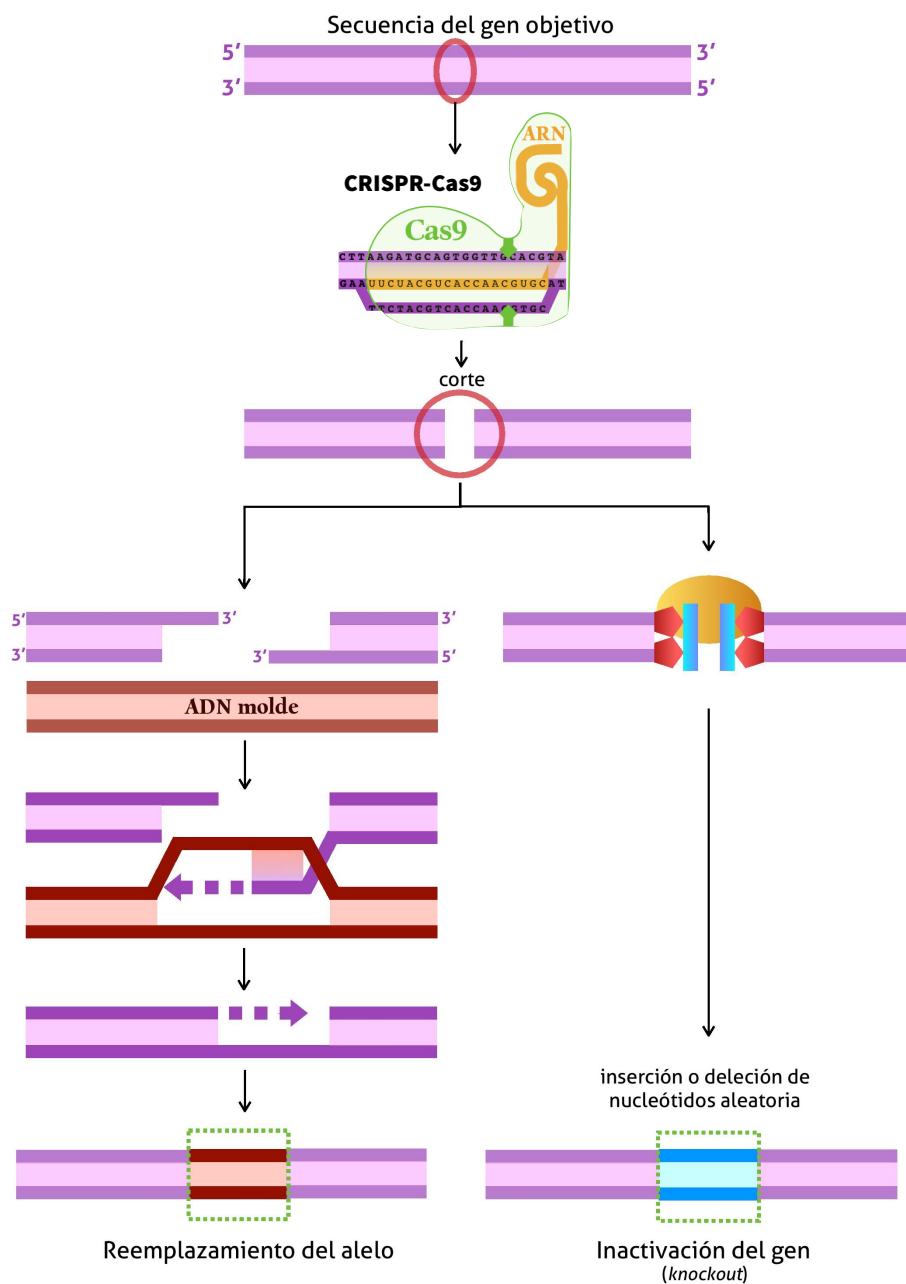


Figura 1. Esquema del funcionamiento de las principales estrategias celulares de reparación de un corte en el ADN. Elaboración propia. Se ponen de manifiesto las principales diferencias entre ambas estrategias y su resultado final, reemplazamiento del gen o alelo en un caso e inactivación del mismo en el otro.

2.1.2. Aplicaciones de CRISPR-Cas.

Desde el momento en el que se supo que el sistema CRISPR-Cas era una buena herramienta para cortar específicamente el genoma en, teóricamente, cualquier punto, las posibilidades materializadas gracias al uso de la edición génica con este sistema han sido cuantiosas. Entre tales logros conseguidos destacan la generación de valiosos modelos de enfermedades y la utilización de CRISPR-Cas como método de terapia génica⁵ (Wang *et al.*, 2017).

Las experiencias que se tienen con CRISPR-Cas en humanos son, por el momento, algo escasas. En muchos casos no han ido más allá de simples pruebas; al ser un recurso de modificación genética tan reciente, los ejemplos de experimentación clínica en humanos aún son poco numerosos. Los primeros, realizados en investigación oncológica, se llevaron a cabo en Estados Unidos y China hace dos años, y tenían como objetivo modificar linfocitos humanos mediante CRISPR-Cas para que estos pudieran luchar de manera más efectiva contra las células tumorales (Reardon, 2016; Cyranoski, 2016). Actualmente, el estudio con CRISPR-Cas se centra en algunas enfermedades causadas por mutaciones en el genoma como el síndrome de Barth, la hemofilia, la betatalasemia, la fibrosis quística o la distrofia muscular de Duchenne (Cai *et al.*, 2016), entre otras. Gracias a CRISPR-Cas, por ejemplo, ya se han logrado corregir en células humanas las mutaciones que provocan esta última enfermedad (Long *et al.*, 2018). Es más, un equipo de trabajo estadounidense ya ha conseguido eliminar el gen de la cardiomiopatía hipertrófica (una enfermedad hereditaria relacionada con la muerte súbita en deportistas jóvenes) de embriones humanos viables mediante CRISPR-Cas (Ma *et al.*, 2017). Existen razones para pensar que gracias al uso de CRISPR-Cas se podrán encontrar tratamientos mucho más eficaces contra el VIH (Kaminski *et al.*, 2016), el cáncer, el alzhéimer (Khan *et al.*, 2016), e incluso se podrá erradicar la malaria, editando el genoma del mosquito que la transmite (Roitman *et al.*, 2017). También se ha utilizado CRISPR-Cas junto con otras técnicas genéticas en ingeniería tisular, tanto para disponer de modelos de enfermedad como para realizar trasplantes de

⁵ Se llama terapia génica a la inserción de elementos genéticos funcionales en pacientes que carecen de los mismos o los tienen defectuosos. Se trata de un tratamiento cuyo objetivo es paliar o curar enfermedades genéticas.

tejidos (Cai *et al.*, 2016). Es de esperar, por tanto, que esta herramienta se convierta en un tratamiento para muchos otros trastornos genéticos, como ya hoy se está comprobando.

No obstante, hay algunos estudios que prueban la existencia en los seres humanos de una inmunidad adaptativa frente a la proteína Cas9 (la variante de Cas usada en la gran mayoría de ensayos con CRISPR), lo que podría dificultar la acción del sistema CRISPR-Cas9 en las personas (Charlesworth *et al.*, 2018). Pese a ello, el potencial de CRISPR continúa siendo muy grande, tanto en lo relativo a biomedicina como a otras áreas de corte biotecnológico.

Pero además de los avances directamente relacionados con enfermedades humanas, la edición génica con CRISPR se aplica en diferentes ámbitos de la biotecnología para modificar el genoma de otros muchos seres vivos, como microorganismos o vegetales, explorando nuevas posibilidades. Dentro de estas posibilidades se encuentra la modificación del genoma de algunos microorganismos, como las levaduras, para generar plásticos de mejor calidad medioambiental que no provengan directamente del petróleo; o la edición génica de diversas especies vegetales en agricultura para dotarlas de mayor resistencia a la sequía (Crawford, 2017), en un mundo en el que la subida de la temperatura, por ligera que sea, es ya inevitable (Le Page, 2015).

Igualmente, la edición génica en sí misma no es la única de las aplicaciones que podría tener el sistema CRISPR-Cas. Es posible valerse de CRISPR para realizar otros tipos de intervenciones, relacionadas con la modificación de la expresión del genoma y no del genoma en sí, como por ejemplo hacer que algunos genes se expresen de manera inducible, o modificar las condiciones epigenéticas de algunas regiones del genoma (Ledford, 2016).

2.2. Comunicación de la ciencia a audiencias legas o semilegas.

La transmisión de conocimiento de cualquier índole siempre ha sido un aspecto clave para el ser humano; nuestra especie evolucionó hasta el *Homo sapiens* gracias a que fue capaz de transferir el conocimiento a sus semejantes, ya fueran las nuevas generaciones o grupos tribales vecinos con los que intercambiar información (Discamps y Henshilwood, 2015). Por tanto, si cualquier conocimiento es importante que sea comunicado eficazmente, el conocimiento científico aún más, si cabe. Es una realidad que la ciencia necesita de una transferencia óptima a nuevas personas para que estas puedan continuar la labor científica iniciada tiempo atrás y así seguir aumentando el progreso en dicho ámbito. Pero el conocimiento científico no debe transmitirse únicamente en esta dirección, también se ha de comunicar ciencia al resto de la población, la cual acabará disfrutando de los avances desarrollados por los científicos.

En la actualidad, gracias a la revolución que ha supuesto la aparición de internet, la información es mucho más fácil de transmitir que antaño. No obstante, y también como causa de esta facilidad y de la libertad que internet ofrece, es más común encontrar información falsa o engañosa que no constituye verdadero conocimiento. Todo este conjunto de información no veraz ha sido englobado recientemente bajo la expresión anglosajona *fake news* (en español, «noticias falsas»), si bien últimamente también se utiliza con frecuencia el término «posverdad». Pese a que la red haya contribuido a que prospere esta información falsa, lo cierto es que muchos de los argumentos inválidos sobre los que se sustentan las *fake news* relativas a asuntos científicos, como el del cambio climático, han sido esgrimidos muy recientemente por parte de algunas personalidades políticas para ganar votantes. Tal ha sido el caso del ahora presidente Donald Trump en las elecciones presidenciales de Estados Unidos en 2016 o de muchos de los defensores del *leave* en el referéndum de permanencia en la Unión Europea que se celebró en Reino Unido, también en 2016 (Grice, 2017).

La desinformación a la que abocan estos fenómenos de posverdad hace que la población advierta como verdaderas cosas que no lo son, pero también que algunas

evidencias incontestables sean percibidas como falsas o irreales. Por ejemplo, un estudio realizado en Estados Unidos reveló que, mientras el 97% de los climatólogos están de acuerdo en que el cambio climático es ya una realidad, y que su causa es principalmente la acción humana, solo el 39% de la población estadounidense piensa que esto es así. Ese mismo estudio afirma que una de las razones por las que existe esta brecha entre los climatólogos y el gran público es la existencia de una campaña de desinformación fuerte, bien financiada y bien organizada (Somerville y Hassol, 2011). Otro gran caso de desinformación respecto a evidencias científicas es el del movimiento antivacunas. Pese a que la vacunación sea uno de los grandes éxitos de la investigación y medicina modernas, y a raíz de la publicación de un artículo científico fraudulento por el médico Andrew Wakefield, en las últimas décadas los detractores de la vacunación han aumentado y se han vuelto más beligerantes, especialmente negándose a vacunar a sus hijos. Este auge del movimiento antivacunas se explica porque sus seguidores conforman potentes maniobras de desinformación, valiéndose de las herramientas que proporciona la red (Tafuri *et al.*, 2014).

En la población general, también existe una desconfianza que gira entorno a numerosas ideas científicas, y que se puede interpretar teniendo en cuenta la resistencia de diferentes tipos que despiertan algunas certezas científicas, que resultan incómodas en según qué ámbitos. Regresando a los dos ejemplos anteriores, el testimonio de que el cambio climático es real y debe combatirse crea fuertes tensiones en los poderes económicos establecidos, al mismo tiempo que el movimiento antivacunas encuentra gran parte de su impulso en razones de corte social. Incluso algunas personas pueden sentir que sus creencias religiosas son puestas en tela de juicio ante la demostración de teorías como la del *big bang* o la de la selección natural, lo cual las lleva a desconfiar de la ciencia en general (Hunter, 2016). En la misma línea que esta desconfianza instalada se encuentra, como contraparte que apoya el alejamiento de la ciencia del ciudadano, la persuasión individual que estimula el hecho de ignorar la evidencia científica. Es decir, si uno reconoce y abraza la idea de que el cambio climático (que es real) es perjudicial para el planeta, actuar de acuerdo con esa idea requiere un cambio de comportamiento,

muchas veces renunciando a algunas comodidades que uno podría mantener si obvia esta verdad (Wild, 2017).

Es por esto que, aunque siempre ha sido importante que la ciencia se acerque lo más posible a toda la ciudadanía, hoy en día una buena comunicación de la ciencia es del todo esencial para poder hacer frente a la posverdad que la amenaza. Ahora bien, es difícil conseguir definir con acierto cuál es la manera correcta de comunicar la ciencia al gran público. Si la falta de conocimiento por parte de la sociedad fuera el único problema de la comunicación científica, estaría bastante más claro en qué dirección habría que moverse; no obstante, como se acaba de ver, intervienen muchos más factores no tan directos de abordar. Con todo, muchos autores parecen ponerse de acuerdo en que entre las asignaturas pendientes de la comunicación de la ciencia se encuentran las dos siguientes: el hecho de no ponerse al mismo nivel que la audiencia y así hacerle accesible el conocimiento, y el poco entusiasmo que suele generar la forma en que habitualmente se comunica la ciencia (Radford, 2011; Hunter, 2016; Wild, 2017). En palabras de Jeanne Garbarino, directora de *RockEDU Science Outreach* (un equipo perteneciente a la Universidad Rockefeller de Nueva York, formado por creativos, educadores, científicos y demás profesionales, que busca promover la ciencia en la sociedad), «muchas veces los comunicadores científicos asumen, bastante arrogantemente, que sus oyentes realmente quieren escuchar su mensaje o que dicho mensaje los preocupa. He visto mensajes científicos enfocados de una manera tal que son inaccesibles para algunos públicos».

Con estas dos premisas presentes, aproximarse todo lo posible al nivel del público y explotar la parte más entusiasta del discurso científico, se exponen a continuación algunas de las principales ideas expuestas por las especialistas del lenguaje Guiomar Ciapusio (Universidad de Buenos Aires, Argentina) y Sara Robles Ávila (Universidad de Málaga, España) en sendos artículos de 1997 y 2017, titulados respectivamente *Lingüística y divulgación de la ciencia* y *El léxico en el periodismo de divulgación: entre el rigor científico y el sensacionalismo informativo*. Se da un papel relevante a estos dos ejemplares en particular debido a varias razones:

- porque hablan sobre comunicar la ciencia mediante el texto escrito, que se corresponde con el objetivo de este Trabajo Fin de Máster,
- porque en ambos subyacen las dos ideas detalladas anteriormente (adoptar un nivel cercano al del lector y persuadirlo mediante diversos recursos),
- porque ofrecen una muestra de dos momentos históricos diferentes, uno muy reciente y otro de finales del siglo pasado, lo que puede representar una época en la que internet está plenamente incluido en la sociedad y otra en la que apenas comienza a utilizarse,
- y porque los textos utilizados para la realización del estudio de los que se habla en el siguiente capítulo se confeccionaron con base en estos dos artículos.

2.2.1. Ideas de Guiomar Ciapuscio en Lingüística y divulgación de la ciencia (1997).

La autora presenta en su artículo algunas de las disyuntivas con las que un divulgador científico se encuentra a la hora de querer transmitir una idea o concepto a una audiencia general, habitualmente lega o semilega. Ciapuscio afirma que un texto científico divulgativo nace con el objetivo de cumplir un propósito doble: proveer información al lector y simultáneamente persuadirlo acerca de la importancia de dicha información. Al estar divulgando, o dicho de otro modo, poniendo al alcance del gran público el conocimiento científico, para lograr esta meta dual es necesario superar ciertas barreras que ofrece el texto original, las cuales alejan el conocimiento científico del público lego.

En primer lugar, es necesario llevar a cabo una reducción de la densidad de información científica que existe en el texto fuente, del que prácticamente solo se tomará la referencia nuclear, esto es, la certeza científica que queda demostrada. Para que tal certeza sea transmitida de un modo más eficaz, se habrá de suprimir el vocabulario científico y el léxico especializado, así como los elementos paralingüísticos (datos y figuras) que puedan entorpecer el entendimiento de la referencia nuclear. Con este primer paso del proceso de reducción, el nivel en el que el nuevo texto divulgativo se situará estará mucho más próximo al lector lego.

Adicionalmente, a la hora de formular el texto divulgativo es determinante lo que Ciapuscio llama «aspecto intencional», es decir, qué se pretende lograr mediante la lectura de ese texto. Esta pregunta puede tener múltiples respuestas: asimilar un concepto, concienciar al lector acerca de un tema, despertar su interés, etc. Sea cual sea el aspecto intencional, este se conseguirá mediante un procedimiento de expansión (en contraste con la anterior idea de reducción), incluyendo recursos más emotivos como el humor, los juegos de palabras o las referencias al mundo cotidiano, elementos que no aparecen en los textos científicos. Un recurso de este tipo es la metáfora, que en la ciencia tradicionalmente recibe críticas a causa de la alteración que sufre el contenido científico comparado. No obstante, una buena metáfora posibilita la creación de una imagen mental en el lector, facilitando la comprensión del concepto. En definitiva, aunque produzca una inevitable distorsión del contenido, la metáfora favorece la accesibilidad del conocimiento científico al receptor lego, lo cual estimula su interés y hace que perciba la idea científica como algo más cercano a sí.

Se pone de manifiesto, por tanto, que la labor de creación de textos de divulgación no se limita a simplificar la información contenida en los artículos científicos, sino que requiere elaborar por completo un nuevo texto, en suma llevando a término los procedimientos de reducción y expansión detallados en los párrafos previos. Como colofón, Ciapuscio asevera que, tome la forma que tome el texto divulgativo científico, hay una máxima considerada universal: este debe ser veraz. De no cumplirse este axioma, el texto dejaría de ser científico y, según en qué grado se infrinja, podría ser un ejemplo de *fake news* o posverdad. Por ello, es trascendente que por muchos recursos estilísticos que se empleen, con la distorsión que su uso acarrea, siempre exista un compromiso con la veracidad.

2.2.2. Ideas de Sara Robles Ávila en El léxico en el periodismo de divulgación: entre el rigor científico y el sensacionalismo informativo (2017).

En su artículo, Robles Ávila hace un minucioso repaso acerca de la creación del texto de divulgación de ciencia, desde lo que supone su confección en sí misma hasta la forma en que se vienen elaborando tradicionalmente, proponiendo alternativas a

diferentes aspectos que, a su juicio, entorpecen el entendimiento. A lo largo de todo el ensayo, establece diversas dualidades, al igual que hace en el título, que cristalizan en el texto de divulgación científica. Como se verá, pese a ser veinte años posterior, la tesis de Robles Ávila gira alrededor de ideas sobre las que también se sustenta la tesis de Ciapuscio.

La misión central de un texto divulgativo es tender un puente de entendimiento entre la ciencia académica y el lector lego o semilego, de forma que se dé la comprensión de una idea, un concepto o un procedimiento, pero sin convertirse en un texto de explicación normativa: debe también deleitar al lector al tiempo que lo informa. Robles Ávila define esta conjugación de información y entretenimiento como una lucha permanente entre lo serio y lo ameno, intentando procurar disfrute mientras no se deja de ser preciso. Para acoplar armónicamente ambas consideraciones, se deben encajar los conocimientos demostrados, aportados por los investigadores en el artículo científico (que obedecen a una finalidad pedagógica para con el lector: lo serio), con la propia concepción del texto divulgativo para conseguir apelar al interés del receptor, usando elementos textuales como el tono, el registro y demás elementos lingüísticos (cuya intención es la de causar agrado en el lector: lo ameno). Por tanto, Robles Ávila parte de la base de que «hay que rehacer de manera global el mensaje científico, adecuándolo a un contexto de uso diferente»: la comunicación ha de ser diferente porque el receptor y la finalidad perseguidos son diferentes, se coloca al texto original en un nuevo eje pragmático. La idea de que la divulgación científica es solo una reformulación léxico-gramatical queda superada.

Consiguientemente, las estrategias seguidas para convertir un texto puramente científico en uno divulgativo, deberían estar orientadas a equilibrar el lenguaje, pasando de un lenguaje más terminológico en el discurso científico a uno más general en la divulgación. Así, Robles Ávila retoma el pensamiento de Helena Calsamiglia: «la función comunicativa del texto no es solamente referencial, sino que se abre a otras funciones como la metalingüística, la expresiva, la conativa y especialmente la poética [...], comprender lo que es lejano y abstracto con lo que es más cercano y conocido».

De esta manera, se da una importancia clave a la función poética y literaria de los textos divulgativos, aspecto que tradicionalmente se rechaza para comunicar ciencia, tanto desde la propia esfera académica científica como desde algunos otros círculos no obligatoriamente académicos o científicos.

Con arreglo a este argumento, Robles Ávila establece otra dicotomía que resuena en el anterior binomio serio-ameno: «en el periodismo científico podemos trazar una línea que parta del ámbito más apegado al lenguaje de la especialidad [...] hasta llegar al ámbito más distante de la objetividad científica: [...] un léxico subjetivo, valorativo [...] o incluso poético. O dicho de otro modo, un camino sinuoso que oscila entre el rigor científico y el sensacionalismo informativo». Aunque el término sensacionalismo recoja hoy acepciones peyorativas que parecen incompatibles con el compromiso de rigor que requiere comunicar ciencia, ciñéndose a la definición del diccionario de la Real Academia Española, es la «tendencia a producir sensación, emoción o impresión, con noticias, sucesos, etc.». Entendido como esta querencia por provocar emoción, este sensacionalismo expresivo es necesario en el discurso divulgativo científico, pues mediante la inclusión de algunos elementos emotivos será posible atraer al lector, despertando su interés y entusiasmo. Basándose en esta nueva dualidad (entre el rigor y el sensacionalismo), se establece un espectro textual (ver figura 2) que va desde la máxima especialización, en el que abundan tecnicismos, siglas, acrónimos y extranjerismos, hasta un estadio de menor especialización, en el que se utilizan recursos literarios para acercar el mensaje a la audiencia. Ya solo con estas reflexiones, es posible ver con claridad que la tesis de Robles Ávila se mueve hacia las dos premisas detalladas páginas atrás: aproximarse todo lo posible al nivel del público y explotar la parte más entusiasta del discurso científico.

A la hora de transformar el texto original en un texto divulgativo, nuevo y diferente, propone seguir las cinco estrategias de divulgación⁶ promulgadas

⁶ Robles Ávila hace mención en el cuerpo del artículo como tal a las tres funciones que debe seguir el periodista científico para generar el texto divulgativo, enunciadas por Cassany en 2003: 1. Contextualizar (reducir la densidad de conceptos), 2. Textualizar (usar recursos discursivos del habla corriente), y 3. Denominar (sustituir las formas técnicas por palabras o expresiones más comunes). No obstante, estas tres funciones podrían considerarse como una simplificación heredera de las cinco estrategias promovidas por el propio Cassany y también por Calsamiglia dos años antes, en 2001, las cuales también son mencionadas en el artículo de Robles Ávila.

por Helena Calsamiglia y por Daniel Cassany:

1. Evitar el concepto.
2. Presentar un alto grado de contextualización.
3. Narrativizar la secuencia discursiva.
4. Modalizar el discurso con elementos subjetivos.
5. Atender a los aspectos léxico-semánticos.

De seguir estos preceptos, el texto fruto del replanteamiento del artículo o artículos originales será una entidad manifiestamente diferente y estará mejor orientada a una audiencia lego no familiarizada con el discurso científico normativo.



Figura 2. Esquema del espectro textual de divulgación científica en función de la especialización. Elaboración propia. Ideas tomadas de Robles Ávila (2017). En ambos extremos del espectro se sitúan la máxima especialización, correspondiente a un texto prácticamente igual a un artículo científico, y la especialización nula, que coincidiría con un relato o una pequeña historia cuyos elementos sirvieran, a modo de gran símil, para la explicación de un concepto científico sin mencionar ningún término técnico, ni siquiera el del propio concepto que se pretende comunicar.

Robles Ávila hace hincapié en la diferencia necesaria entre el uso de la terminología en la escritura científica y la escritura divulgativa. El uso de tecnicismos es eficaz en el discurso científico, pues permiten al mismo tiempo condensar en gran medida la información y rebajar la extensión del texto, dos aspectos muy importantes para la forma de redacción científica. Hasta tal punto la terminología es poderosa en ciencia, que se ha convertido en una seña de identidad de la comunidad científica y forma parte de su jerga. Así y todo, los divulgadores deben superar esta barrera terminológica ya que «los textos divulgativos son tanto más valorados cuantos menos tecnicismos empleen». En otras palabras, el éxito de la divulgación reside en saber reformular justamente la terminología.

Esta importancia especial de la reescritura de tecnicismos o expresiones jergales, sin embargo, no se refleja del todo en los textos que comunican ciencia a un público general. En ocasiones, el comunicador prefiere incluso el tecnicismo a la voz común. Tal realidad puede explicarse en tanto que una terminología complicada llama la atención del lector, «posee un efecto apelativo en el receptor porque atenta contra la claridad». Cuando aparecen expresiones específicas y poco conocidas, habitualmente van acompañadas de una explicación, que puede incorporarse al flujo natural del discurso o puede aparecer encerrada por diversos signos de puntuación, como comas o paréntesis. Estas aclaraciones son necesarias, puesto que lo más probable es que el lector no conozca a qué se refiere la palabra que describen; no obstante, es difícil dar con el nivel justo de explicación: «puede resultar igualmente ineficaz no explicar términos desconocidos como excederse en las explicaciones de estos». Además, existen términos con un origen terminológico cerrado, pero que hoy la sociedad comprende, cuya explicación no haría sino rescatar su origen como tecnicismo y oscurecer su significado (palabras como internet o ibuprofeno).

Este mismo enfoque que Robles Ávila dedica a los términos en sí mismos, se aplica también a otros elementos lingüísticos más singulares, como las siglas, los acrónimos, los extranjerismos y los neologismos. Hay siglas, acrónimos y anglicismos que ya están bien asentados en el lenguaje común y que, aunque no deba recurrirse a

ellos desmesuradamente, no resulta necesario aclarar si se usan en un texto divulgativo (tal es el caso de siglas como ADN, acrónimos como sida o extranjerismos como *e-mail*). En cuanto a los neologismos, «la neología ha de entenderse como un proceso lexicogenésico clave», gracias al cual podemos dar un nombre lingüísticamente coherente a nuevas realidades. No obstante, tanto en la divulgación científica como en otros ámbitos de la creación textual, hay una tendencia de creación de archisílabos⁷ que debe evitarse, no solo porque en muchas ocasiones los archisílabos creados no son palabras reales sino también porque dificultan la transmisión sencilla de ideas.

Recuperando el concepto de sensacionalismo expresivo introducido con anterioridad, se recalca su importancia para lograr una comunicación eficaz e influyente y se incluye también la idea de que, mediante este recurso, el nivel del texto producido será más cercano al del receptor. Visto que, ineludiblemente, el divulgador tiene que crear una nueva realidad textual, es necesario reconocer su labor creadora y darle libertad en tanto que pueda incluir figuras estilísticas, retóricas, narrativas, etc., que enriquezcan el texto divulgativo. Se anima a reflejar directa o indirectamente la actitud del emisor, «rompiendo la pretendida objetividad del mensaje científico», haciendo uso de recursos como la adjetivación, de manera similar a como actúan a veces los propios científicos cuando hablan de sus investigaciones con los medios de comunicación.

Se resume, por tanto, todo lo expuesto acerca del sensacionalismo expresivo en dos puntos clave,

- de una parte, la reducción del grado de especialización propio del lenguaje científico, para disminuir la distancia con el lenguaje de la audiencia,
- y de otra parte, la inclusión de recursos estilísticos más propios de la literatura (narración, adjetivación), sin vetar el propio punto de vista del divulgador.

Robles Ávila concluye con un alegato en contra de la divulgación de la ciencia como «una presentación objetiva de contenidos conceptuales», puesto que esta manera

⁷ Se llaman archisílabos a aquellas palabras surgidas de alargar una ya existente, mediante diversos procesos de derivación de palabras (aunque lo más común es que se creen por sufijación), de tal forma que la palabra resultante no varía su significado respecto de la palabra original. Los sufijos más habituales en archisílabos son -izar (*objetivizar*, por objetivar), -ción (*registración*, por registro) o la combinación de ambos, -ización (*compatibilización*, por compatibilidad).

de comunicar «no solo ofrecería una visión deformada y pobre del trabajo científico, sino que provocaría en la opinión pública una imagen errónea de la ciencia y la tecnología, contribuyendo a reforzar el tópico del especialista en su torre de marfil».



Una vez expuestas las tesis de los artículos de ambas autoras, Ciapuscio y Robles Ávila, es posible comprobar y confirmar que en ambos se percibe una convicción de que la divulgación y comunicación de la ciencia debe hacerse en base a dos preceptos: la aproximación de la información contenida en ellos al nivel que posea la audiencia y el uso de recursos estilísticos, narrativos y literarios que permitan una percepción del texto más expresiva y emotiva por parte de los lectores. Con estas ideas presentes, se ha desarrollado el resto del trabajo: la creación de los textos divulgativos sobre la técnica CRISPR-Cas y el diseño de los cuestionarios para evaluar las sensaciones de los lectores acerca de la lectura de estos textos.

3. METODOLOGÍA

Teniendo presente todo lo expuesto en el anterior capítulo, se decidió poner en práctica las estrategias recomendadas por las lingüistas Ciapuscio y Robles Ávila (y por otros tantos autores) para realizar una comunicación eficaz de la ciencia, en este caso del sistema CRISPR-Cas (por considerarlo especialmente importante, dadas las razones detalladas en el capítulo precedente), comparándolas con la manera más convencional en que se ha venido divulgando tradicionalmente.

Considerando que Ciapuscio y Robles Ávila hacen referencia como vehículo de divulgación siempre a la lengua escrita, se estimó como mejor opción para la consecución de tal objetivo la confección de dos textos: uno de ellos creado mediante los recursos habituales de la divulgación clásica y el otro construido haciendo uso de las tácticas propuestas para igualar el nivel entre divulgador y lector, así como para hacer el texto más literario, atractivo y animoso. Es decir, con este segundo texto se pretende alcanzar los preceptos que se han hecho eco a lo largo del análisis actual de la comunicación de la ciencia: la aproximación de la información contenida en ellos al nivel que posea la audiencia y el uso de recursos estilísticos, narrativos y literarios que permitan una percepción del texto más expresiva y emotiva por parte de los lectores.

Una vez escritos los textos, estos serán leídos por personas cuyo conocimiento acerca del sistema CRISPR-Cas no sea muy avanzado; de esta forma se intentará que los textos cumplan la función con la que han sido concebidos: divulgar un concepto científico a un público lego o semilego. Después, los propios lectores evaluarán cuál de los dos textos, el divulgativo clásico o el no convencional, les ha hecho comprender e interiorizar mejor el funcionamiento de la técnica CRISPR-Cas. Para ello, se les facilitará una encuesta en la que se pide que respondan esta pregunta (qué texto les ha hecho comprender mejor el concepto y funcionamiento de CRISPR) y también que valoren los diferentes elementos que, a su entender, han sido los que han marcado la diferencia entre uno y otro texto. Ante la posibilidad de que, dado que todos los encuestados habrían de leer los dos textos para poder establecer una comparación, el

orden en el que los textos fueran leídos condicionara la elección de uno u otro como el más eficaz a la hora de divulgar, la mitad de las personas participantes leyeron los dos textos en un orden y la otra mitad en el orden inverso.

Por tanto, la metodología de este estudio se centra en esta valoración por parte de la propia audiencia lega, al fin y al cabo la protagonista de la actividad de divulgación científica, de los dos tipos de comunicación divulgativa que se han diferenciado. Con tal análisis se pretende arrojar un poco más de luz a esta nueva corriente de transmisión del conocimiento científico, y ver si realmente el gran público capta mejor el mensaje utilizando una forma de expresión basada en las estrategias recomendadas, en comparación con el discurso habitual que han estado acostumbrados a recibir por parte de la esfera científica.

Con el objeto de contextualizar sucintamente toda esta tarea en el ámbito más científico, donde se genera y comparte la ciencia en profundidad, y para que los propios científicos participaran también de este pequeño estudio, se realizó un cuestionario paralelo a personas con formación superior en ciencia y tecnología (dejando a un lado las ciencias sociales y humanas) para que valorasen, primeramente, cuán preparados se sentían para comunicar a audiencias legas los conocimientos que poseían y que habían estudiado y, por otro lado, cómo creían que debería realizarse la comunicación de la ciencia a un público no familiarizado con ella.

De los resultados de ambos exámenes, es posible obtener conclusiones concretas y esclarecedoras. Es cierto, no obstante, que ante el pequeño número de participantes en los mismos, sería atrevido generalizar y extrapolar dichas conclusiones a un contexto más amplio de población. Con todo, los colaboradores que respondieron los cuestionarios son demográficamente diversos en muchos aspectos, por lo que los resultados no dejan de aportar información valiosa y que no procede de un solo sesgo de población. Así pues, se detalla a continuación el proceso de confección de ambos textos y de ambas encuestas.

3.1. Construcción de los dos textos divulgativos acerca del sistema CRISPR-Cas.

A la hora de crear desde cero dos textos que traten de explicar un concepto biotecnológico complejo, como es CRISPR, surgen varios interrogantes que resolver. El primero y más inmediato es la longitud que deben tener los escritos. Más adelante, y ya al empezar a redactar, el tono utilizado en ambos, que debe concordar con la forma de divulgación (clásica y no convencional) que se desea plasmar en cada uno de los textos, respectivamente; también mientras se escribe, de qué manera incluir todos los elementos a los que se ha hecho referencia, en este y otros capítulos, acerca de cómo divulgar, de una forma orgánica que no interrumpa el flujo coherente que ha de poseer todo texto, etcétera.

En lo referente a la longitud de los textos, esta debe ser parecida en ambos para que la lectura de uno de los dos no resulte más larga que la otra y pueda condicionar la elección del lector una vez los haya leído. En el caso que nos atañe, para explicar la técnica CRISPR-Cas y su funcionamiento, sería difícil construir un texto demasiado corto, pues es necesario introducir varias ideas que no podrían desarrollarse con acierto en pocas palabras. Por este motivo, ambos textos rondan las dos páginas (alrededor de las 700 palabras, aproximadamente), pues no es una longitud que *a priori* resulte tediosa de leer y conjuntamente proporciona cierta holgura, al disponer de más espacio para conseguir realizar una explicación más redonda de todos los factores que intervienen en el funcionamiento de esta herramienta de edición génica.

La estructura del texto es también un elemento clave cuando se redacta: qué explicar primero, qué explicar después y con qué finalizar. Para que el orden en que se describen todos los constituyentes de CRISPR-Cas no influyera (o lo hiciera en el menor grado posible) en la comprensión del texto y darle más protagonismo al estilo de divulgación, se decidió que ambos textos siguieran el mismo esquema de discurso. Así (y además de manera análoga a como se ha pormenorizado la propia técnica CRISPR al inicio del segundo capítulo de este trabajo), se establece que los textos comiencen exponiendo qué es CRISPR, que continúen con una explicación de su funcionamiento y

que terminen detallando cuál es la utilidad de la técnica, es decir, enumerando algunas de sus múltiples aplicaciones. Si bien la extensión de cada una de estas tres partes difiere ligeramente entre el primer y el segundo texto, el orden seguido es idéntico en ambos.

Una vez solventados el número de palabras aproximado y la distribución estructural de los tres grandes bloques a tratar (qué es, cómo funciona y para qué sirve CRISPR-Cas), es momento de comenzar a materializar los elementos de ambos tipos de divulgación, la clásica y la no convencional, en sendos textos. Para ello, se recogieron los razonamientos expuestos principalmente por Ciapusio y Robles Ávila. Es de especial importancia recordar en este punto el símil que forja esta última del «espectro textual», es decir, que una misma cosa puede presentarse de muchas formas y todas ellas son ubicables en este espectro (ver figura 2). En un extremo del espectro se hallaría la máxima especialización del texto, con términos muy específicos, datos muy concretos, giros muy concretos, incluso jergales, circunscribiendo el discurso a unos límites muy sólidos difíciles de sobrepasar. En el otro extremo se encontraría una especialización nula, en la que el texto podría ni siquiera hacer mención del concepto que está queriendo explicar y hacer uso de un relato paralelo que guarde similitud con aquello que se quiere transmitir para acercar así la idea lo máximo posible al lector; reduciendo así el concepto, se renuncia a una explicación rigurosa, destruyendo cualquier límite para abrir infinitas posibilidades. Esta última idea no es más que, como se ha dicho, aproximar lo máximo posible al receptor el concepto, en su forma más amplia, pues la distancia más corta para llegar a una persona es contarle una historia (Park, 2017).

Para confeccionar el primero de los textos, el que divulgue de la manera como se ha venido haciendo hasta ahora, más normativa, redactando de una forma más convencional o clásica, se toma lo analizado por Robles Ávila en base a varios artículos que comunican conceptos científicos. De las disquisiciones de esta autora, se podrían desprender las siguientes conclusiones acerca de este modo de divulgación científica:

- Uso de tecnicismos. Pese a la barrera comunicativa que muchas veces supone la utilización de un término tan específico como un tecnicismo, hay un gusto

generalizado por el uso de estas palabras (incluidos vocablos, extranjerismos, siglas, acrónimos, etc.) en los textos divulgativos, quizá para no suprimir la señal de identidad terminológica que acompaña siempre al discurso científico.

- Se añaden explicaciones. Aunque muchas veces una explicación es necesaria, su inclusión rompe con el flujo del texto haciéndolo más difícil de interiorizar. Esta aparición de explicaciones se entiende mejor con la anterior conclusión: el uso de tecnicismos que no son conocidos por las audiencias legas y que, por tanto, es necesario aclarar.
- Ausencia de elementos subjetivos. Tradicionalmente la comunicación de la ciencia trata de evitar cualquier recurso que ponga en entredicho la objetividad asociada al conocimiento científico; en esta línea su divulgación habitual también intenta desmarcarse de posibles valoraciones.
- Estilo más conservador. Como consecuencia de todas las conclusiones previas, la estructura y tono del texto quedan limitados para seguir esta línea marcada. Se observa un estilo más conservador en el sentido de que mantiene muchos de los rasgos característicos de la redacción puramente científica.

Con base en estos cuatro puntos, se redacta el primero de los dos textos, teniendo en cuenta también lo convenido anteriormente respecto a la longitud y orden estructural del mismo (el texto puede consultarse en la página 38 y en el anexo I). Así, en el texto se pueden observar cómo se han seguido estas máximas en detalles como:

- el empleo de palabras y expresiones técnicas como *molécula*, *bases nitrogenadas*, *ARN*, *doble hebra*, etc.;
- la aparición de aclaraciones para especificar qué es una base nitrogenada, en qué se diferencia el ARN del ADN, por qué una proteína es capaz de cortar el ADN, o qué resultados tendrá el corte del ADN para la célula;
- casi toda la información se transmite en forma de datos concretos acerca de la naturaleza y funcionamiento de la técnica;
- de esta manera, no hay ningún elemento demasiado extraño al discurso científico, por lo que el tono prácticamente no trasciende al de una explicación académica más o menos básica de la idea de CRISPR-Cas.

Para confeccionar el segundo texto, el que transmita la idea de CRISPR-Cas de una manera menos convencional, más heterodoxa, se recogen las tesis de Ciapuscio y Robles Ávila acerca del uso de recursos emotivos, elementos literarios como metáforas, como estrategia para establecer una analogía entre un mundo desconocido para el lector y otro que conoce mejor, de manera que la idea sea percibida mejor y más directamente. Por más que ambas autoras defiendan esta novedosa forma de divulgar la ciencia, el argumento preponderante que se busca reflejar en este segundo texto es el que Robles Ávila denomina «sensacionalismo expresivo», cuyo núcleo casa también con la idea de Ciapuscio del uso en comunicación científica de la metáfora y otros recursos más relacionados con el ámbito de la literatura, en tanto que se rompe con los límites ortodoxos de la comunicación científica y se incluyen ingredientes subjetivos que acerquen el texto al lector. Se podría sintetizar esta forma no convencional de divulgar ciencia en otras cuatro cuestiones:

- Evitación del tecnicismo. Aunque algunos términos técnicos son necesarios para poder llevar a cabo una explicación, se prefiere utilizar únicamente aquellos verdaderamente imprescindibles.
- Uso de giros corrientes del habla. Si es posible manifestar una idea mediante alguna fórmula *vox populi* o de fácil comprensión, aunque no se adecue a la perfección con el concepto a transmitir, se aboga por usar la expresión conocida.
- Contextualización del contenido. El ejemplo más claro es la promoción del uso de la metáfora o la comparación como recursos clave para poner la información científica en un ambiente más cotidiano, para que el lector interiorice mejor el contenido mediante una imagen mental que ya posee.
- Estilo más narrativo. Uniendo todos los puntos anteriores en la creación de un texto, este será más parecido a un relato que a un escrito científico convencional amén del hecho de que estas consideraciones no establecen unos límites tan cerrados como las del anterior texto, más bien los alivian.

Tomando como guía estas cuatro cuestiones, se confecciona el segundo texto (adjuntado en la página 40 y en el anexo I), sin olvidar lo correspondiente a la longitud

del mismo y al orden de los diferentes bloques que se explican. De tal modo, en este texto se pone de manifiesto el uso del sensacionalismo expresivo en tanto que:

- apenas se mencionan conceptos como ARN o enzima y cuando aparecen se encuentran entre paréntesis, a modo de pequeña anotación, por lo que no se les da una especial importancia en el texto;
- se usan expresiones como *partir en dos*, *pegar un corte*, *dar luz verde*, etc., para expresar fenómenos moleculares que el gran público no domina, que son utilizadas con más o menos frecuencia en ámbitos distendidos y que son conocidas por todos;
- se compara continuamente el funcionamiento de CRISPR-Cas con el cambio de contraseña de una sesión en internet o del número secreto de la cuenta bancaria, algo que el lector sabe cómo funciona;
- todo ello hace que el tono general del texto sea más distendido y desenfadado, dando lugar no a un relato literario, pero sí a una especie de artículo de reflexión en el que el autor comenta de tú a tú un tema con sus lectores.

A continuación, se incorporan en este capítulo los cuerpos de ambos textos. Asimismo, en el anexo I se incluye una réplica de los documentos que les fueron entregados a los participantes en el estudio, así como un análisis más pormenorizado de los elementos correspondientes a sendas estrategias de divulgación de los que se hizo uso a la hora de crear los textos. Como se ha comentado anteriormente, cabía la posibilidad de que la decisión acerca de qué texto hacía entender mejor la idea de CRISPR estuviera en mayor o menor grado influenciada por el orden en el que los textos fueran leídos. Para paliar este posible inconveniente, de los 68 participantes en este estudio, a 34 se les proporcionó los textos en un orden y a los otros 34 en el orden contrario. El texto que divulgaba de una manera más convencional para una mitad era el «Texto 1», mientras que para la otra era el «Texto B». Del mismo modo, el texto creado con base en el sentimentalismo expresivo era para unos el «Texto 2» y para otros el «Texto A».

3.1.1. Texto 1 o B: divulgación normativa.

CRISPR-Cas es un sistema de modificación genética presente de manera natural en algunas bacterias, las cuales lo utilizan como una estrategia de seguridad para inhabilitar ADN procedente de virus perjudiciales. No obstante, hoy en día el sistema CRISPR-Cas es tan importante debido a su aplicación como herramienta de edición génica en cualquier tipo de organismos, no solo bacterias. Mediante algunas pequeñas adaptaciones, se ha conseguido que este sistema propio de bacterias pueda ayudar a modificar cualquier tipo de ADN, incluido el ADN humano.

En el funcionamiento del sistema CRISPR-Cas intervienen varios elementos: el propio ADN a modificar, una molécula de ARN guía y una proteína (enzima) llamada Cas9. En primer lugar, es importante saber que lo que hace el sistema CRISPR-Cas en el ADN es un corte. Por tanto, no modifica como tal el ADN, sino que lo prepara para su posterior modificación.

De esta manera, el primer elemento a tener en cuenta es el ADN objetivo sobre el que queremos que actúe. El ADN está compuesto por bases nitrogenadas (de las que hay 4 diferentes: A, C, G y T) apareadas formando una doble hebra. Así que es necesario conocer la secuencia exacta de la región de ADN que queremos cortar (es decir, hay que saber el orden exacto de aes, ces, ges y tes que hay en la región objetivo).

El segundo elemento que interviene es el ARN guía. El ARN es una molécula muy similar al ADN, compuesta también por bases nitrogenadas (también hay 4 diferentes, pero en el ARN son A, C, G y U) sin aparear, formando una hebra sencilla. Este ARN guía se diseña para que sus bases sean complementarias a las bases conocidas del ADN objetivo. De esta forma, este ARN será capaz de aparearse con el ADN que queremos cortar.

El último elemento involucrado en este sistema es la proteína Cas9. Esta proteína es en realidad una enzima, es decir, una proteína capaz de realizar una

reacción química. En nuestro caso, la reacción que Cas9 realiza es precisamente el corte que buscábamos en la doble hebra de ADN.

Una vez sabemos qué elementos intervienen, el proceso en su conjunto se realiza de la siguiente manera. El ARN guía y la enzima Cas9 se unen, formando un complejo que es capaz de buscar en el ADN la secuencia objetivo. Recordemos que tal secuencia es perfectamente complementaria a la secuencia que compone al ARN guía. Así, cuando encuentren la secuencia objetivo, una hebra del ADN se apareará con el ARN guía, haciendo que el ADN quede unido también a la enzima Cas9. Esto será el indicador necesario para que Cas9 corte la doble hebra de ADN en un punto concreto de la secuencia objetivo, dejándola lista para la modificación. Una vez el corte ha sido generado, la modificación del gen cortado puede suceder de diferentes maneras, ya sea mediante la reparación espontánea por parte de la propia célula (que generalmente se traducirá en la desactivación de ese gen) o la reparación dirigida gracias a la inserción de pequeños fragmentos de ADN con la secuencia que deseamos que el gen incluya (que no hará que el gen se inactive, sino que hará que funcione de forma distinta a como lo hacía antes de la modificación).

Gracias a este procedimiento, como hemos visto, se pueden modificar genes. La aplicación de esta modificación es bastante amplia. En primer lugar, servirá para conocer mejor cuál es la función de algunos genes de los que hoy no se tiene mucha información. Pero lo más interesante es que puede utilizarse para realizar modificaciones muy precisas en genes concretos, lo que abre la puerta a una posible curación de enfermedades genéticas crónicas mediante la corrección del gen defectuoso; enfermedades como la fibrosis quística, la enfermedad de Huntington o la hemocromatosis. CRISPR-Cas, además, permite modificar varios genes a la vez (cosa que antes era prácticamente imposible hacer), haciendo que sea más probable tratar enfermedades genéticas provocadas por la interacción de muchos genes y no de uno solo, como algunos tipos de cáncer, la diabetes o la artritis, entre otras.

3.1.2. Texto 2 o A: divulgación alternativa.

CRISPR-Cas, un término que seguramente hayas leído ya más de una vez en los medios de comunicación y que, probablemente, no sepas muy bien qué es. Bien, por muy artificial que parezca su nombre, este sistema existe en la naturaleza desde hace mucho tiempo. Estaba escondido en el interior de algunas bacterias, esos bichitos microscópicos que están en el yogur, en nuestro intestino y básicamente por todos lados. CRISPR-Cas es la aduana genética de las bacterias: si detecta que entra material genético (ADN) sospechoso de poder provocar daños en la bacteria, le mete un corte. Literalmente.

Pero CRISPR-Cas no ha sido noticia en medio mundo por ser la defensa ideal para las bacterias. Resulta que se ha conseguido utilizar CRISPR-Cas como herramienta para editar el ADN. Editarlo, sí. Como si editas una foto, que cambias este color de aquí por uno más oscuro. Pues en el ADN igual, cambias unos cuantos colores por otros y te queda un gen muy distinto. Como cuando le pones a una foto tuya ese filtro que tan bien te queda: que no pareces tú. Podríamos decir que CRISPR-Cas es el Instagram de la edición génica.

Y ya que hemos entrado en el mundo de las redes sociales, ¿quién no ha cambiado alguna vez la contraseña de su correo electrónico, su cuenta de Facebook o incluso su número secreto de la cuenta bancaria? Pues cuando cambiamos cualquiera de nuestras contraseñas estamos haciendo lo mismo que hace CRISPR-Cas para lograr cambiar un gen.

Repasemos. ¿Qué es lo más importante que necesitamos para poder establecer una nueva contraseña? Claramente, necesitamos saber a la perfección nuestra contraseña actual. Si no, no podremos acceder nunca a la opción de cambiarla. El hecho de introducir la contraseña antigua le confirmará al sistema que somos nosotros, los dueños de la cuenta, los que estamos accediendo a ella. Así tendremos luz verde para realizar todos los cambios que queramos en ella. Una vez se ha asegurado de que,

efectivamente, sabemos la contraseña y estamos dispuestos a cambiarla, el sistema hace clic y elimina la contraseña antigua, inactivándola por completo. Ahora la contraseña es un espacio vacío y nosotros podremos poner los caracteres que queramos como nuestra nueva contraseña, incluso 0000.

Así pues, introducimos la contraseña antigua, el sistema comprueba que realmente la hemos introducido bien, se asegura de que somos nosotros y entonces borra la contraseña para que podamos introducir una nueva. Fácil. Todos hemos hecho este procedimiento alguna vez. Si entendéis esto, entonces también entendéis cómo funciona CRISPR-Cas. Solo que CRISPR-Cas cambia el ADN, que no deja de ser una contraseña genética, y que también está formada por una serie de caracteres muy concreta.

Para cambiar un gen necesitamos saber exactamente la secuencia de ADN que tiene: qué caracteres y en qué orden aparecen. Lo mismo que con la contraseña: necesitamos acordarnos de qué caracteres tiene y en qué orden para poder introducirla cuando nos la pidan. Para ello, existe una molécula guía (llamada ARN guía) que va verificando carácter por carácter que todo esté en el orden correcto y se corresponda con la secuencia adecuada. Es la misma comprobación que hace el sistema una vez nosotros hemos introducido la contraseña. Por último, y cuando la secuencia ha sido verificada por la molécula guía, una gran proteína (la enzima Cas9) corta la secuencia de ADN en un punto, desactivando el gen al que pertenecía. Justo como cuando el sistema borra la contraseña antigua una vez la ha comprobado.

Por lo tanto, debemos conocer perfectamente la secuencia de ADN que queremos modificar. La molécula de ARN guía se encargará de identificar la secuencia de ADN sobre la que vamos a actuar. Una vez hecho esto, se dará luz verde a la proteína Cas9 para que haga un corte en la secuencia de ADN, dejándola así inactiva.

El resultado es que la secuencia de ADN que conforma el gen ha quedado partida en dos. En ese “hueco libre” podemos introducir la secuencia que queramos,

haciendo que el gen pase a ser totalmente diferente al original. Al ser diferente al original, también tendrá funciones diferentes a las que tenía al principio. Igual que cuando el sistema elimina nuestra antigua contraseña podemos inventarnos una serie de caracteres completamente nueva. Y en ese “hueco libre” puede estar la solución para enfermedades genéticas hasta ahora incurables como la diabetes, la fibrosis quística o hasta algunos tipos de cáncer.

Y ahora, ¿no te están entrando ganas de cambiar alguna de tus contraseñas?



Una vez confeccionados ambos textos, y con la certeza de que se han creado intentando en todo momento que la diferencia primordial entre ambos sea la manera de explicar el sistema CRISPR-Cas y no otros factores, como la longitud o el orden de los subtemas, que, *grosso modo*, se han normalizado en ambos textos, se ha de diseñar la encuesta que responderán los lectores. Es mediante esta encuesta como se valorará con cuál de los dos se ha comprendido mejor el concepto explicado, es decir, cuál de los dos cumple mejor el objetivo de la divulgación científica.

3.2. Construcción de las encuestas de valoración de los textos.

Inicialmente se había planteado una única encuesta de valoración posterior a la lectura de ambos textos, sin embargo, se consideró pertinente realizar también un cuestionario previo, más simple, en el que se pudiera medir de forma aproximada el conocimiento que tenían por adelantado los lectores acerca del sistema CRISPR-Cas. De esta manera, si fuese necesario, se podría relacionar posteriormente los resultados de una y otra encuesta.

Así, se idea una primera encuesta (a consultar en el anexo II) en la que se pregunta por 3 aspectos muy concretos:

- una autovaloración acerca de cómo se ve el propio lector para entender un concepto biotecnológico complejo,
- una valoración de la importancia que tiene para el lector el hecho de poder llegar a comprender técnicas biotecnológicas con aplicaciones médicas,
- y por último, si el lector ha leído u oído alguna vez hablar sobre la técnica CRISPR-Cas.

Después de haber contestado a estas tres breves cuestiones, los colaboradores pasarán a leer ambos textos. Hay que recordar que un mismo texto recibe dos nombres, según el grupo al que se le haya entregado el mismo. El texto que divulgaba de una manera más convencional para una mitad era el «Texto 1» y para la otra era el «Texto B», y el texto creado con base en el sentimentalismo expresivo era para unos el «Texto 2» y para otros el «Texto A».

La encuesta de valoración tras la lectura de ambos textos (disponible en el anexo II del trabajo), fuera en el orden que fuera, se plantea en forma de 7 preguntas, algunas de mayor complejidad y otras más triviales:

- La primera plantea un interrogante directo al lector acerca del texto que le ha resultado más fácil leer.
- La segunda, también directa, pregunta por el texto con el que mejor se ha interiorizado la idea de CRISPR-Cas. Puede parecer muy similar a la primera, pero establece un matiz diferente; puede ocurrir que un lector elija el texto de divulgación convencional en esta segunda pregunta, porque al fin y al cabo proporciona más datos, habiendo escogido en la primera pregunta el texto que comunica mediante sensacionalismo expresivo porque usa un lenguaje más sencillo de leer; o viceversa.
- La tercera pide al lector que especifique cuáles de los elementos del texto con el que mejor ha comprendido el concepto de CRISPR (es decir, el texto que ha elegido en la segunda pregunta) considera clave para que se haya producido tal comprensión. Es una pregunta de respuesta múltiple en la que se facilitan

algunas respuestas (vocabulario, estructura, explicaciones, estilo), aunque también se da la libertad al lector de que escriba lo que considere oportuno.

- La cuarta es igual que la tercera, solo que se interesa por los elementos del texto no elegido por el lector. Análogamente a la anterior pregunta, es posible la respuesta múltiple y hay algunas opciones previstas, pese a que el lector tiene la posibilidad de especificar otros elementos al margen de los ya dados.
- La quinta pregunta al lector si los tonos marcadamente diferentes de ambos textos, más serio el que sigue una divulgación convencional y más desenfadado el que utiliza el sensacionalismo expresivo, hacen que el uno parezca más riguroso y el otro menos.
- La sexta es en realidad una autovaloración, ya que solicita la opinión del lector acerca de si se sentiría preparado para tratar de explicar de manera muy sencilla, y tras haber leído el texto, el funcionamiento básico de CRISPR a otra persona.
- La séptima y última pregunta satisface una mera curiosidad. Se pregunta al lector si piensa que si sus respuestas habrían sido diferentes si hubiera leído los textos en el orden contrario a como realmente lo hizo. Tal respuesta se puede contrastar después con el resultado del análisis estadístico de la diferencia entre las elecciones de ambos grupos de lectores (los que recibieron los textos 1 y 2, y los que recibieron los textos A y B).

Tanto esta encuesta como la anterior, se realizaron vía internet mediante la utilidad que presta el servidor Google, dentro del paquete Google Drive, para crear encuestas y poder después difundirlas mediante un enlace web. Se consideró Google por la facilidad de su uso y por las múltiples opciones de modificación que ofrecía, aun cuando la encuesta ya estaba en circulación. Además, ofrece al creador de las encuestas la posibilidad de ir siguiendo en tiempo real el nivel de respuestas que se están recibiendo, así como los resultados tanto a nivel individual como global con diversos datos y gráficos que son de gran utilidad. No obstante, ante el hecho de que la encuesta previa y la de valoración eran dos encuestas totalmente independientes desde el punto de vista informático, para poder unir los datos de ambas se recurrió a la asignación de

un código numérico a cada uno de los colaboradores que debían ingresar al inicio y sin el que las contestaciones a las preguntas no podían ser registradas.

Observando las cuestiones planteadas en esta última encuesta de valoración, se constata que se podrá deducir de sus respuestas una conclusión veraz para la hipótesis planteada (que será el texto basado en el sensacionalismo expresivo el preferido por la mayoría de lectores, independientemente del orden en el que lo hayan leído). Además, la valoración no será unilateral, pues amén de preguntar por el texto preferido desde un punto de vista global, se pide que se evalúen muchos otros elementos más concretos, relacionados con las diferentes cuestiones detalladas en páginas anteriores respecto a los dos modos de comunicar la ciencia.

3.3. Construcción de la encuesta de autovaloración de las capacidades para comunicar ciencia.

Como se ha expuesto al principio del presente capítulo, a parte de los dos cuestionarios enfocados a realizar una evaluación del efecto de las dos formas de divulgar ciencia desarrolladas a lo largo del trabajo, se juzgó conveniente la inclusión de una encuesta a mayores, destinada a personas con formación superior en disciplinas científicas. Con esta tercera encuesta se pretende tener en consideración la opinión de los propios científicos, o de quienes han recibido en profundidad el conocimiento de esta índole desde la propia ciencia académica, acerca de la divulgación. A pesar de que la gente con conocimiento científico esté acostumbrada a la forma de discurso ortodoxa propia de la ciencia, lo cierto es que entre científicos de diferentes ámbitos la comunicación de la ciencia tampoco resulta del todo eficaz. Al fin y al cabo, los fundamentos de algunas ciencias se distinguen mucho de los de otras, por lo que el flujo de comunicación funcionaría igual que con audiencias legas (porque realmente lo son, legas respecto de un conocimiento científico que ignoran porque no están especializados en él). Sea como fuere, resulta de interés la inclusión del colectivo de los propiamente científicos en un estudio que busca encontrar una manera óptima de comunicar el conocimiento de la ciencia.

Consiguientemente, se diseña un cuestionario consistente de 8 interrogantes que buscan dilucidar diferentes aspectos acerca de la percepción de la comunicación científica por parte de los licenciados y/o graduados en disciplinas científicas, a saber:

- La formación que han recibido, como parte de su programa de educación superior o como complemento voluntario a esta, en comunicación de la ciencia a un público lego.
- Una autovaloración de las capacidades de sí mismos, a partir de los conocimientos adquiridos, a la hora de enfrentarse a divulgar la ciencia que han estudiado a personas que no están familiarizados con ella.
- La importancia que para ellos tiene el hecho de que la ciencia sea transmitida eficazmente a la población general.
- Si cuando tratan de interesarse por disciplinas científicas distintas a la suya, sienten que la comunicación que reciben no consigue su objetivo por ser demasiado compleja, pese al hecho de que poseen una ventaja por conocer el *modus operandi* del discurso típico en ciencia. Asimismo, se pregunta por los elementos que, a su juicio, dificultan más la transmisión eficaz de las ideas fundamentales en la comunicación científica. También se pide que seleccionen cuáles de los elementos del discurso riguroso característico en ciencia sacrificarían, para lograr divulgar con acierto una idea científica a un público lego.

4. RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en los cuestionarios detallados anteriormente. Los datos resultantes de tales encuestas no se han plasmado siempre del mismo modo, sino que se han elegido diferentes tipos de gráficos acordes a la información que encierran los resultados. Además, en un par de ocasiones, los datos extraídos de una misma pregunta se representan varias veces, pero teniendo en cuenta contextos diferentes, para dar una visión más completa de la información que de ellos se puede desprender.

A lo largo de todo este capítulo de resultados se ha utilizado un código de color consistentemente. Los gráficos en color naranja se corresponden con respuestas cuya temática no está directamente relacionada con los textos divulgativos. Aquellas gráficas que muestren la información recabada de la opinión de los lectores acerca de los textos tienen su propia clave cromática: los datos referidos al texto de divulgación más clásica y convencional se representarán siempre en color azul, mientras que los relacionados con el modo de divulgación alternativo basado en el sensacionalismo expresivo, aparecerán en amarillo. La información en la que se mezclan percepciones acerca de ambos textos, figurará en color verde. Por otro lado, la información desprendida de las preguntas en las que el interrogante se resuelva con sí o no, se mostrará en tonos malva. De esta manera, se busca establecer una ligera orientación ante la numerosa colección de gráficos que se reproducirán seguidamente.

4.1. Resultados de la encuesta previa a la lectura de los textos.

Participantes totales: 68

La encuesta previa (disponible en el anexo II) consta de 3 preguntas, reflejadas en los gráficos a continuación, y tiene un doble propósito. Por una parte, situar al lector brevemente en el contexto en el que se va a desarrollar su colaboración en el estudio. Por otro, recabar pequeños datos acerca del conocimiento de los participantes acerca del mundo biotecnológico en general y de CRISPR-Cas en particular.

¿Cómo valoraría usted mismo su propia capacidad para entender conceptos relacionados con la biotecnología?

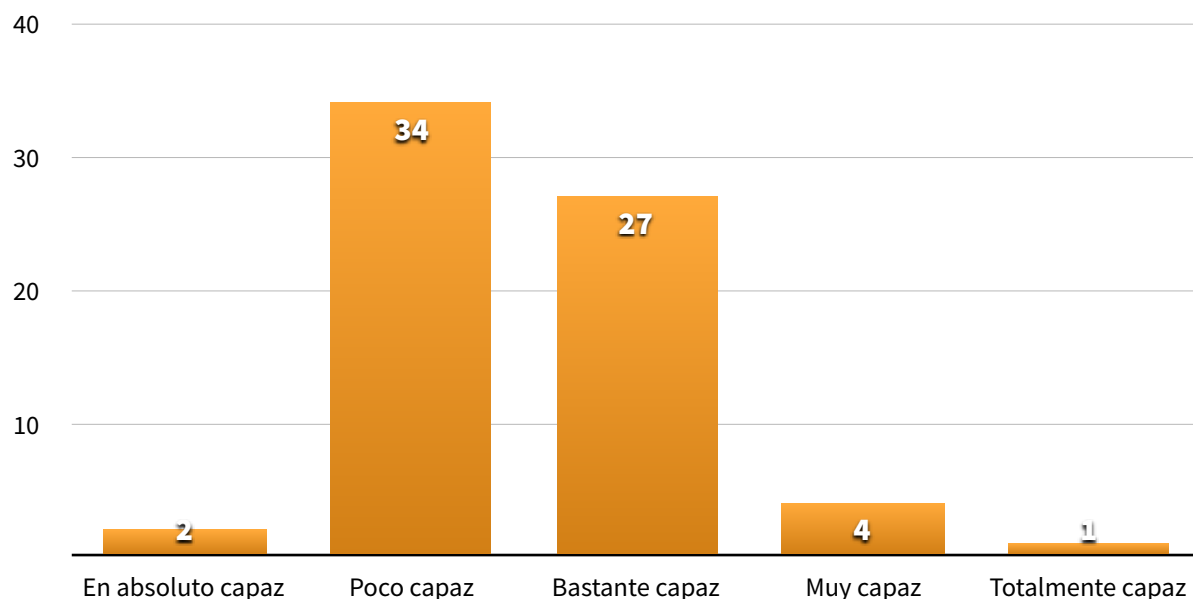


Figura 3. Recopilación, en forma de diagrama de barras, de las respuestas dadas por los participantes en la primera pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. Los números en lo alto de cada barra indican el número de colaboradores que contestan de tal forma. Como se puede observar, una mayoría de participantes perciben tal disciplina científica como lejana y muy pocos se sienten *a priori* capaces de entender bien una idea como la del sistema CRISPR-Cas.

¿Cuán importante considera que es para usted llegar a comprender el funcionamiento de sistemas biotecnológicos con aplicaciones médicas?

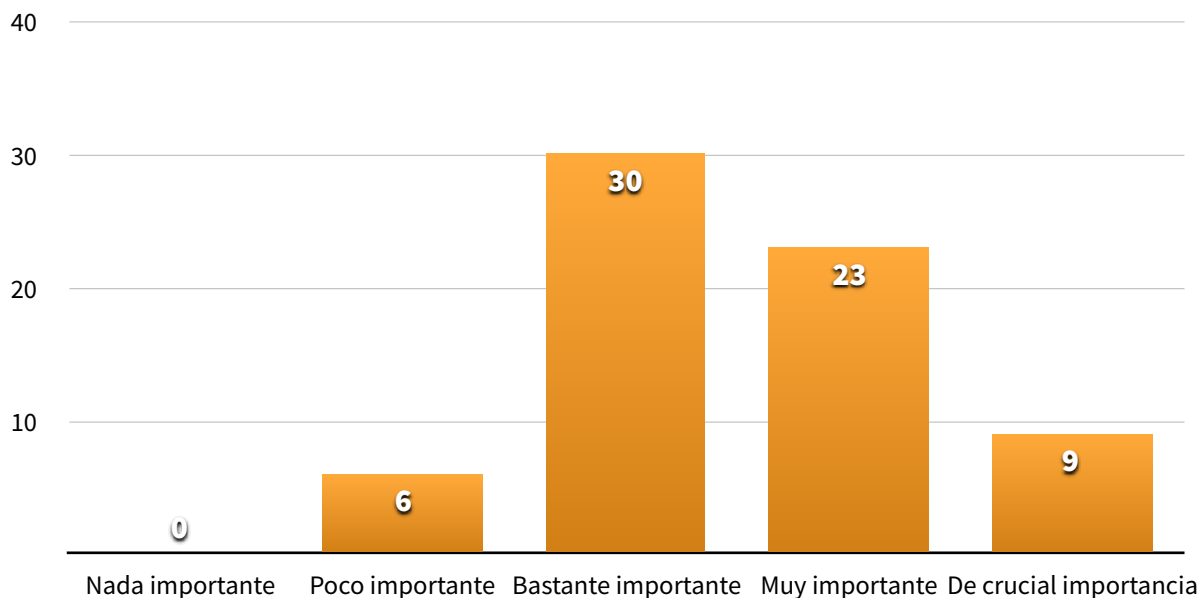


Figura 4. Recopilación, en forma de diagrama de barras, de las respuestas dadas por los participantes en la segunda pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. Los números en lo alto de cada barra indican el número de colaboradores que contestan de tal forma. Se observa que la tendencia general es opinar que llegar a entender e interiorizar conceptos científicos de importancia es un asunto importante. El grueso de los encuestados se decanta por las opciones que van desde «bastante importante» en adelante.

¿Ha oído hablar o ha leído algo sobre el sistema de edición génica CRISPR-Cas?

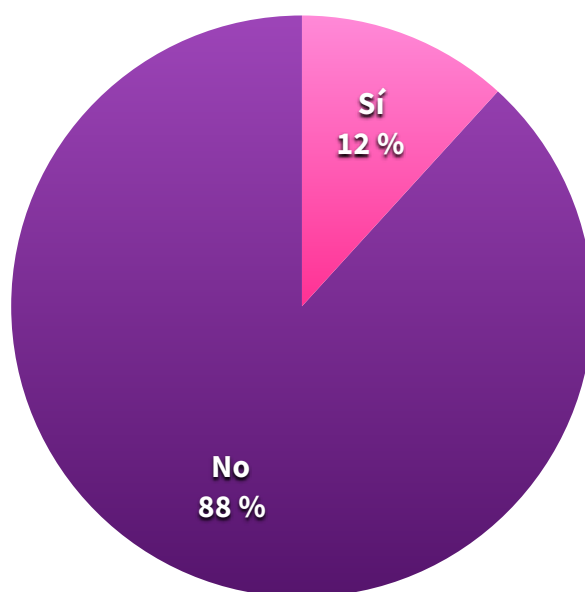


Figura 5. Recopilación, en forma de diagrama circular, de las respuestas dadas por los participantes en la tercera pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. Queda de manifiesto que la mayoría de los futuros lectores no conoce esta técnica de edición génica.

4.2. Resultados de las encuestas de valoración de los textos.

Participantes totales: 68

Llegado este punto, conviene recordar que la encuesta planificada para evaluar la percepción de los textos por parte de los lectores son en realidad dos encuestas paralelas (disponibles en el anexo II). Dada la posibilidad de que el orden en que ambos textos fueran leídos tuviese parte en la posterior elección que debían realizar los participantes, se decidió fragmentar la encuesta en dos. Así, se proporcionó a la mitad de los colaboradores los textos en un orden determinado y a la otra mitad en el orden inverso. Para distinguir ambos grupos, se decidió denominar a los textos de manera diferente: un grupo recibiría el texto de divulgación convencional bajo el nombre de «Texto 1» y el de sensacionalismo expresivo como «Texto 2»; el grupo restante leería primero el texto que divulga siguiendo el sensacionalismo expresivo, llamado ahora «Texto A», y después el de divulgación más tradicional, para este grupo el «Texto B».

Es importante volver sobre este hecho debido a que las gráficas representadas en seguida harán alusión a los textos 1 y 2 o A y B, según corresponda. Cuando se dé

información conjunta de los dos grupos (tanto de 1 y 2 como de A y B) se usará «Normativa» para designar al texto que divulga más clásicamente y «Alternativa» para referirse al que sigue los preceptos del sensacionalismo expresivo. Además, dado que la división en dos grupos de los colaboradores se hizo para eliminar un posible sesgo de la encuesta, se hará uso de una herramienta estadística (el test Z para dos proporciones)⁸ para comprobar si las diferencias de elección observadas en ambos grupos se pueden tomar como fruto del azar o si realmente son significativas.

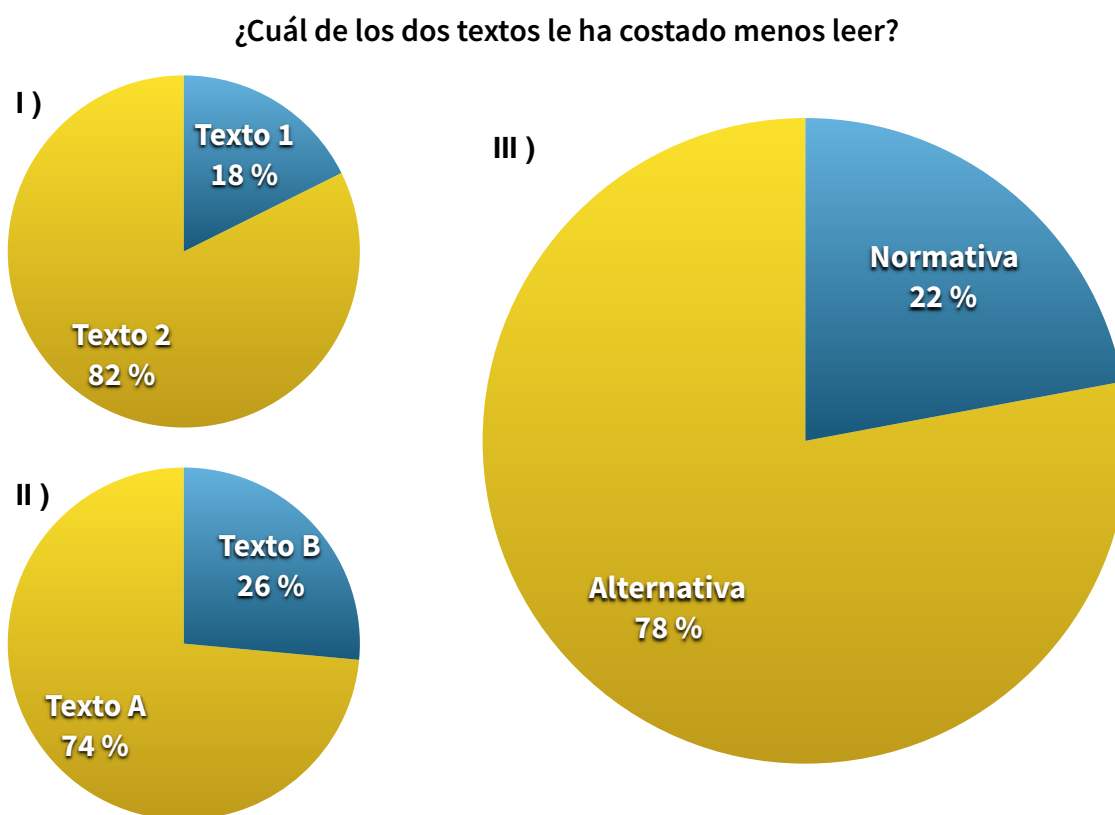


Figura 6. Recopilación, en forma de múltiples diagramas circulares, de las respuestas dadas por los participantes en la primera pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. El diagrama I muestra los resultados del grupo 1 y 2, el diagrama II los del grupo A y B. El diagrama III, por su parte, representa conjuntamente los datos de ambos grupos. La tendencia general observada es claramente una preferencia por la divulgación con base en el sensacionalismo expresivo.

⁸ El test Z para dos proporciones se realiza cuando se dispone de dos muestras independientes en las que se ha llevado a cabo un mismo ensayo, para determinar si las diferencias observadas entre ambas poblaciones son debidas a su origen dispar o si por el contrario no son significativas. La hipótesis nula en este tipo de prueba es que la proporción resultante de ambas muestras es igual, y se aceptará si el estadístico Z para los datos del estudio adquiere un valor situado dentro de la zona de aceptación. Es habitual trabajar con un grado de significación de 0,05 (o lo que es lo mismo, un nivel del 95% de confianza), para lo cual los valores límites de Z son, por la izquierda -1,96 y por la derecha +1,96; si el valor que toma Z con los datos del estudio se encuentra situado entre ellos, se aceptará la hipótesis nula y podrá considerarse que las diferencias no son significativas.

Para comprobar si la diferencia observada entre los datos del grupo 1 y 2 y del grupo A y B (visibles en los diagramas I y II de la figura 6) se debe a que leyeron los textos en orden inverso, se realiza la prueba estadística del test Z para dos proporciones:

Grupo "1 y 2" \longrightarrow 28 prefieren la divulgación alternativa

Grupo "A y B" \longrightarrow 25 prefieren la divulgación alternativa

$$N_{1y2} = 34 \longrightarrow x_{1y2} = 28$$

$$N_{AyB} = 34 \longrightarrow x_{AyB} = 25$$

P = personas en total que prefieren la divulgación alternativa

$$P = \frac{x_{1y2} + x_{AyB}}{N_{1y2} + N_{AyB}} = \frac{28 + 25}{34 + 34} = 0,7794 \implies 77,94\%$$

$$P_{1y2} = \frac{x_{1y2}}{N_{1y2}} = 0,8235 \implies 82,35\%$$

$$P_{AyB} = \frac{x_{AyB}}{N_{AyB}} = 0,7353 \implies 73,53\%$$

$$Z_{prueba} = \frac{P_{1y2} - P_{AyB}}{\sqrt{P \cdot (1 - P) \cdot \left(\frac{1}{N_{1y2}} + \frac{1}{N_{AyB}} \right)}}$$

Para un nivel de confianza del 95%, el valor de Z correspondiente es $Z = \pm 1,96$. Por tanto si $Z_{prueba} < 1,96$ las diferencias no serán significativas y se podrá concluir que la proporción de personas que entienden mejor la divulgación alternativa es igual en ambos grupos.

$$Z_{prueba} = \frac{0,8235 - 0,7353}{\sqrt{0,7794 \cdot (1 - 0,7794) \cdot \left(\frac{1}{34} + \frac{1}{34} \right)}} = \mathbf{0,8876}$$

0,8876 < 1,96 por lo que las diferencias observadas no son significativas.

¿Con cuál de los dos textos cree que ha interiorizado mejor el conocimiento del funcionamiento del sistema CRISPR-Cas?

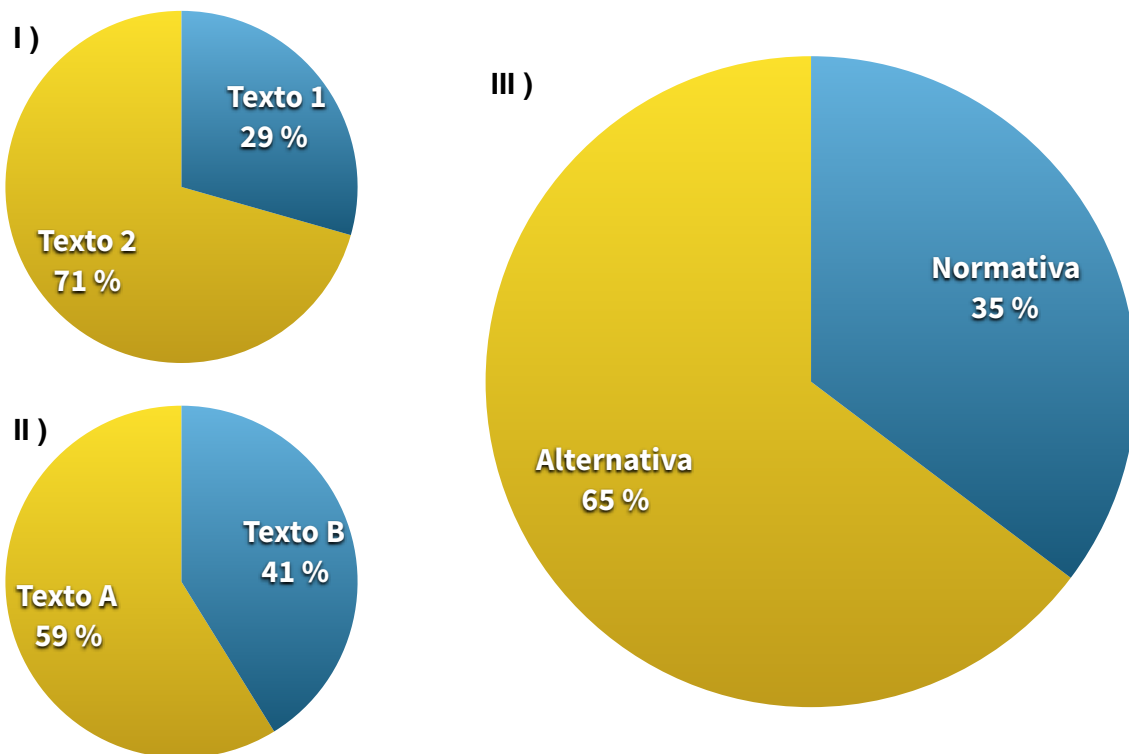


Figura 7. Recopilación, en forma de múltiples diagramas circulares, de las respuestas dadas por los participantes en la segunda pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. El diagrama I muestra los resultados del grupo 1 y 2, el diagrama II los del grupo A y B. El diagrama III, por su parte, representa conjuntamente los datos de ambos grupos. Se ve que, pese a que la divulgación clásica crece respecto de la anterior pregunta, sigue habiendo una mayoría que se decanta por la divulgación no convencional.

Repetimos a continuación el test Z para dos proporciones, esta vez para comprobar si en esta pregunta y con las proporciones obtenidas, el hecho de haber leído los textos en órdenes diferentes ha influido significativamente en la decisión de los lectores. Aunque ya se haya hecho la prueba estadística en la anterior pregunta, semejante a la actual, no está de más repetirlo para esta nueva pregunta, pues como se ha vislumbrado el matiz cambia y hay más lectores que, para interiorizar y comprender bien el concepto, prefieren una forma de discurso divulgativo menos subjetiva y más cercana al estilo puramente científico. Así pues, se realiza el test con los datos obtenidos en esta segunda pregunta:

Grupo "1 y 2" \longrightarrow 24 entienden mejor la divulgación alternativa
 Grupo "A y B" \longrightarrow 20 entienden mejor la divulgación alternativa

$$\begin{aligned} N_{1y2} &= 34 & \longrightarrow & x_{1y2} = 24 \\ N_{AyB} &= 34 & \longrightarrow & x_{AyB} = 20 \end{aligned}$$

P = personas en total que prefieren la divulgación alternativa

$$P = \frac{x_{1y2} + x_{AyB}}{N_{1y2} + N_{AyB}} = \frac{24 + 20}{34 + 34} = 0,6471 \implies 64,71\%$$

$$P_{1y2} = \frac{x_{1y2}}{N_{1y2}} = 0,7059 \implies 70,59\%$$

$$P_{AyB} = \frac{x_{AyB}}{N_{AyB}} = 0,5882 \implies 58,82\%$$

$$Z_{\text{prueba}} = \frac{P_{1y2} - P_{AyB}}{\sqrt{P \cdot (1 - P) \cdot \left(\frac{1}{N_{1y2}} + \frac{1}{N_{AyB}} \right)}}$$

Para un nivel de confianza del 95%, el valor de Z correspondiente es $Z = \pm 1,96$. Por tanto si $Z_{\text{prueba}} < 1,96$ las diferencias no serán significativas y se podrá concluir que la proporción de personas que entienden mejor la divulgación alternativa es igual en ambos grupos.

$$Z_{\text{prueba}} = \frac{0,7059 - 0,5882}{\sqrt{0,6471 \cdot (1 - 0,6471) \cdot \left(\frac{1}{34} + \frac{1}{34} \right)}} = \mathbf{1,0155}$$

1,0155 < 1,96 por lo que las diferencias observadas no son significativas.

Por tanto, queda demostrado que en ninguno de los casos las diferencias observadas han resultado significativas. Es decir, que aun si se hubiera entregado a la totalidad de los participantes los textos en el mismo orden, los resultados obtenidos habrían sido equivalentes.

¿Qué elemento(s) del texto elegido en la pregunta n.º 2 le ha(n) ayudado más a la hora de comprender la explicación?

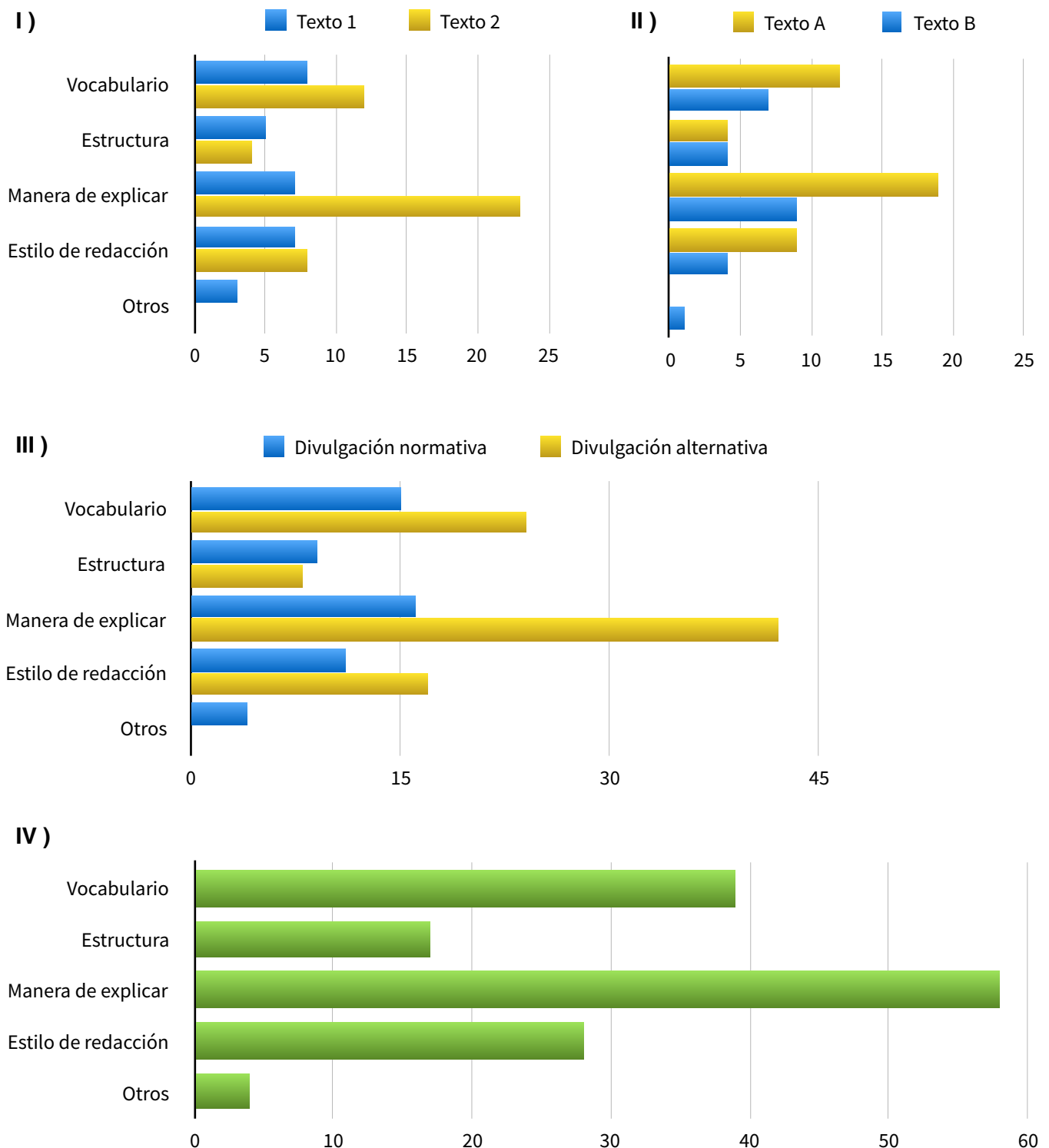


Figura 8. Recopilación, en forma de múltiples diagramas de barras, de las respuestas dadas por los participantes en la tercera pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada, la cual admitía respuesta múltiple (es decir, un solo participante podía seleccionar más de una opción). En los diagramas I, II y III se diferencian los elementos seleccionados por los lectores según el texto que ellos consideran mejor para entender la idea de CRISPR; en el I del grupo 1 y 2, en el II del grupo A y B, y en el III los datos de ambos. En el diagrama IV, en cambio, se recopilan los elementos, independientemente de a qué texto se refieran, para mostrar cuál es el elemento que más condiciona a los lectores a la hora de percibir un texto como más comprensible.

¿Qué elemento(s) del texto no elegido en la pregunta n.º 2 le ha(n) dificultado más a la hora de comprender la explicación?

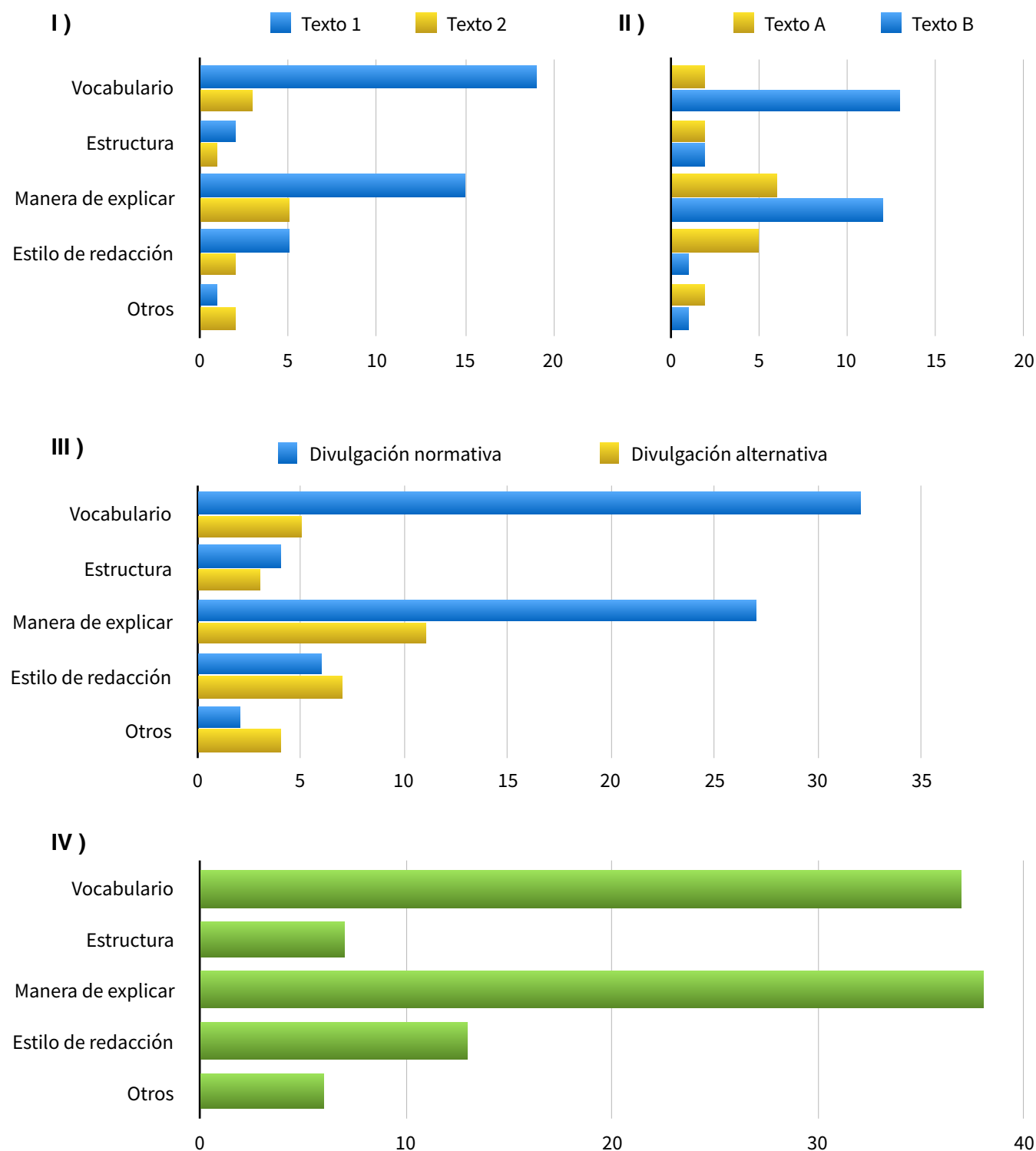


Figura 9. Recopilación, en forma de múltiples diagramas de barras, de las respuestas dadas por los participantes en la cuarta pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada, la cual admitía respuesta múltiple (es decir, un solo participante podía seleccionar más de una opción). En los diagramas I, II y III se diferencian los elementos seleccionados por los lectores según el texto que, a su juicio, exhibe una explicación poco clara del funcionamiento de CRISPR-Cas; en el I del grupo 1 y 2, en el II del grupo A y B, y en el III los datos de ambos. En el diagrama IV, en cambio, se recopilan los elementos, independientemente de a qué texto se refieran, para mostrar cuál es el elemento que los lectores perciben como más obstaculizador cuando un texto divulgativo no les resulta óptimo.

¿Cree que el tono más serio del texto B hace más fiable la explicación, del mismo modo que el tono más desenfadado del texto A la hace parecer menos rigurosa?

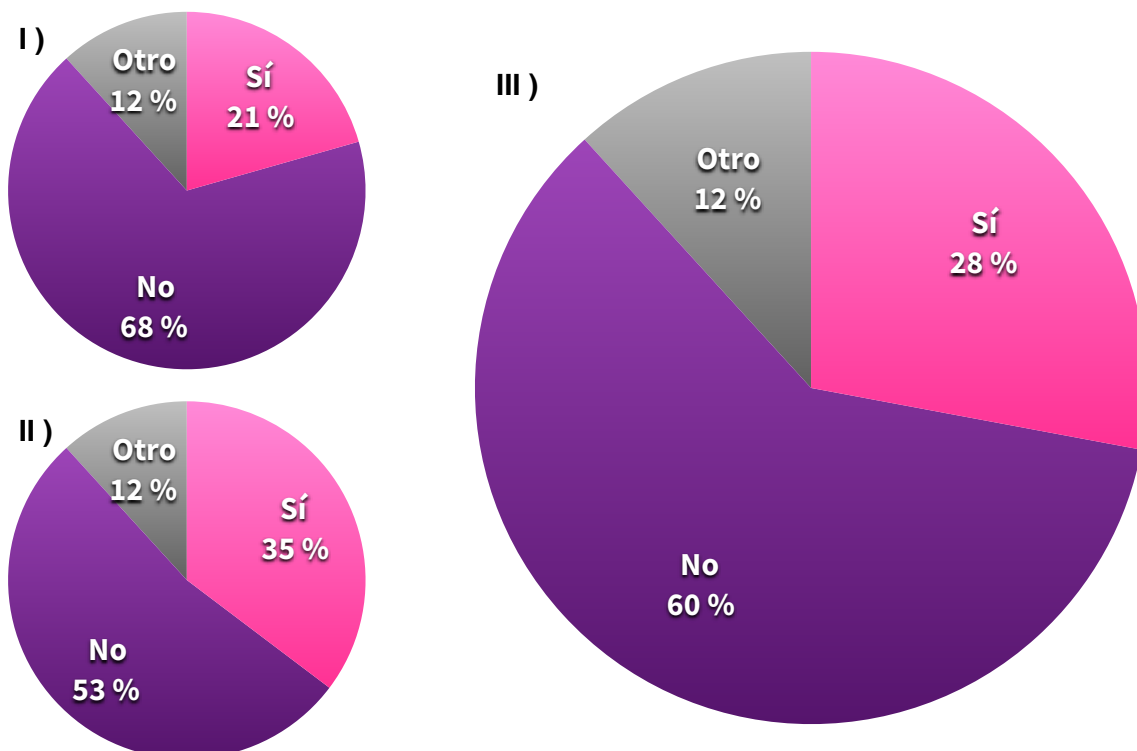


Figura 10. Recopilación, en forma de múltiples diagramas circulares, de las respuestas dadas por los participantes en la quinta pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. El diagrama I muestra los resultados del grupo 1 y 2, el diagrama II los del grupo A y B. El diagrama III, por su parte, representa conjuntamente los datos de ambos grupos. Dentro de la categoría «otro» se incluyen opciones escritas por algunos de los lectores que no consideraban satisfecha su respuesta contestando sí o no (tales opciones escritas pueden consultarse en el anexo II). Con todo, la mayoría de los lectores no han percibido el sensacionalismo expresivo como un elemento que prive de rigor al texto.

¿Se sentiría preparado para intentar explicar de forma sencilla cómo es el funcionamiento básico del sistema CRISPR-Cas?

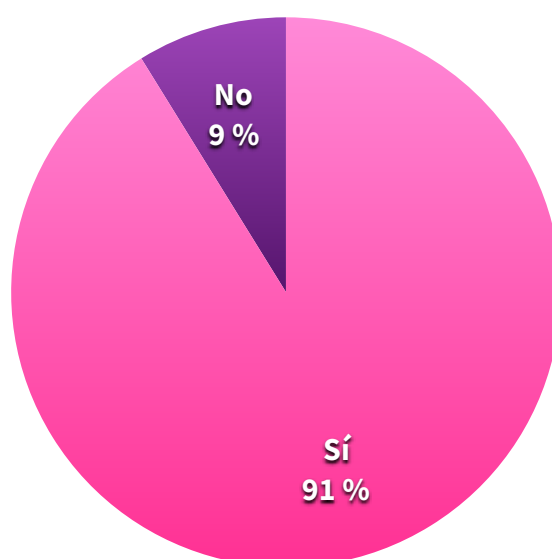


Figura 11. Recopilación, en forma de diagrama circular, de las respuestas dadas por los participantes en la sexta pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. Como se aprecia en la gráfica, el objetivo de los textos divulgativos de transmitir una idea a los lectores se cumple.

¿Cree que sus respuestas habrían sido distintas si hubiera leído los textos en el orden inverso?

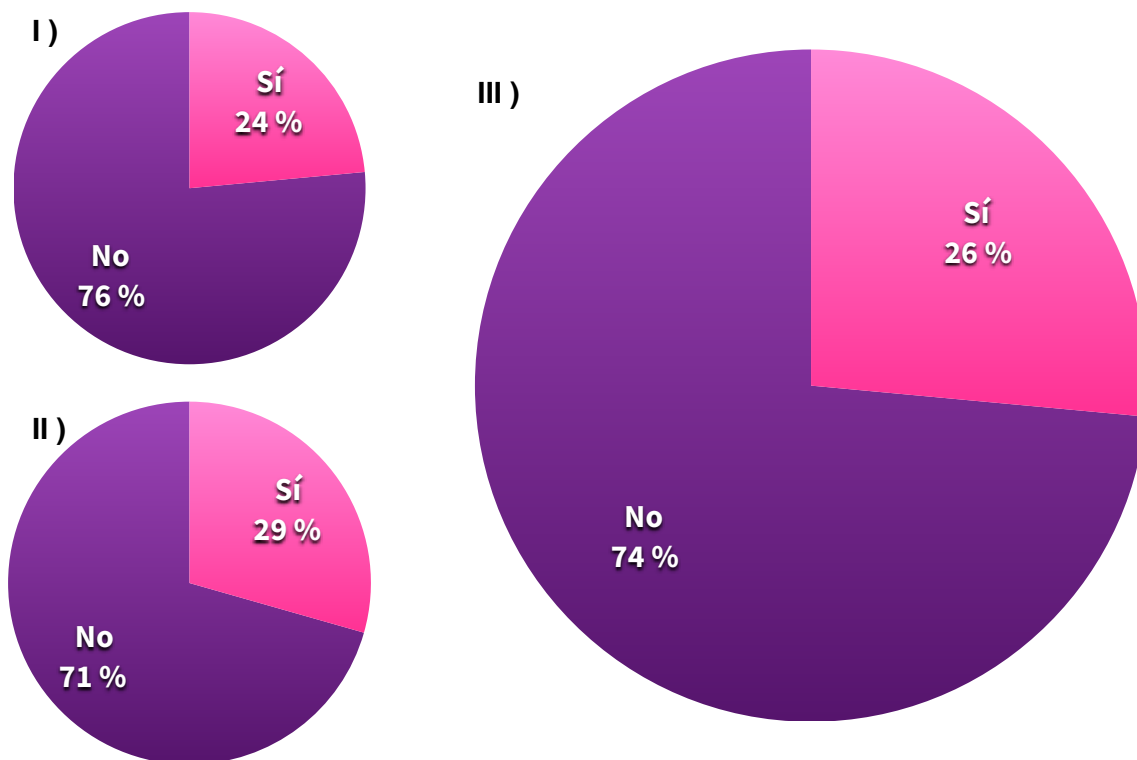


Figura 12. Recopilación, en forma de múltiples diagramas circulares, de las respuestas dadas por los participantes en la séptima y última pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. El diagrama I muestra los resultados del grupo 1 y 2, el diagrama II los del grupo A y B. El diagrama III, por su parte, representa conjuntamente los datos de ambos grupos. Aunque ya se ha comprobado con el test estadístico que las diferencias existentes entre ambos grupos no eran significativas, la mayoría de los encuestados pensaban que el orden de lectura no habría influido en su decisión.

4.3. Resultados de la encuesta de autovaloración de las capacidades para comunicar ciencia.

Participantes totales: 63

Por último, se recogen a continuación los resultados del cuestionario realizado a personas con formación académica superior en disciplinas científico-técnicas (puede consultarse en el anexo II). La encuesta está compuesta de 8 cuestiones, siendo la última una mera pregunta para observar cuántos ámbitos de la ciencia están representados entre las respuestas. Los resultados aquí obtenidos podrán ser de utilidad tanto para ver si los propios científicos perciben la comunicación de su rama de la ciencia a audiencias legas del mismo modo que la propia audiencia lo advierte, así como para conocer el estado de la transmisión de conocimiento interna entre disciplinas científicas.

¿Recibió, como parte del programa de su educación superior, formación en comunicación científica para el público lego?

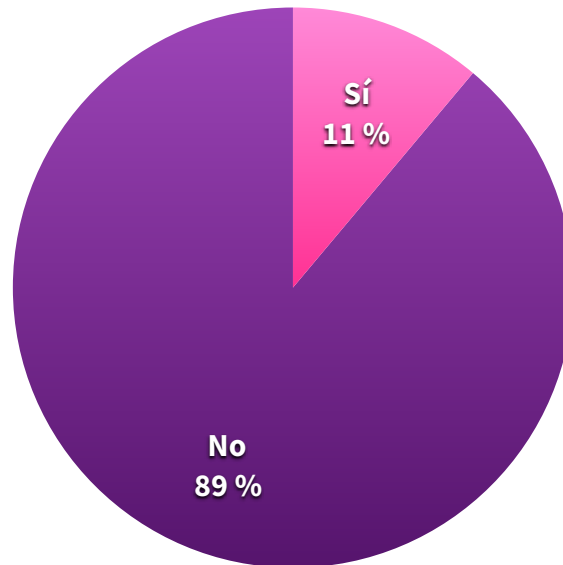


Figura 13. Recopilación, en forma de diagrama circular, de las respuestas dadas por los participantes en la primera pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. En los centros universitarios o de formación superior, la gran mayoría de los encuestados no ha sido entrenada nunca en comunicar su ciencia a aquellos que no están familiarizados con ella.

¿Ha asistido por su cuenta a cursos o charlas para aprender o mejorar la forma en comunicar ciencia a un público lego?

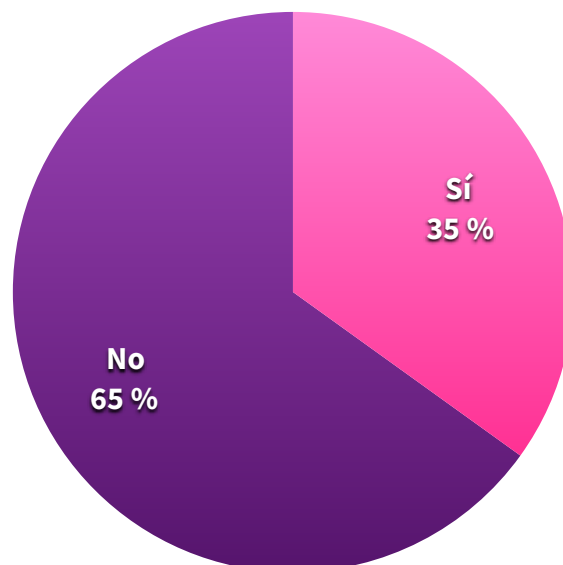


Figura 14. Recopilación, en forma de diagrama circular, de las respuestas dadas por los participantes en la segunda pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. Aunque no es un porcentaje desdeñable el de encuestados que se han interesado por saber más acerca de cómo comunicar ciencia aspecto, son más los que no se han formado en este aspecto.

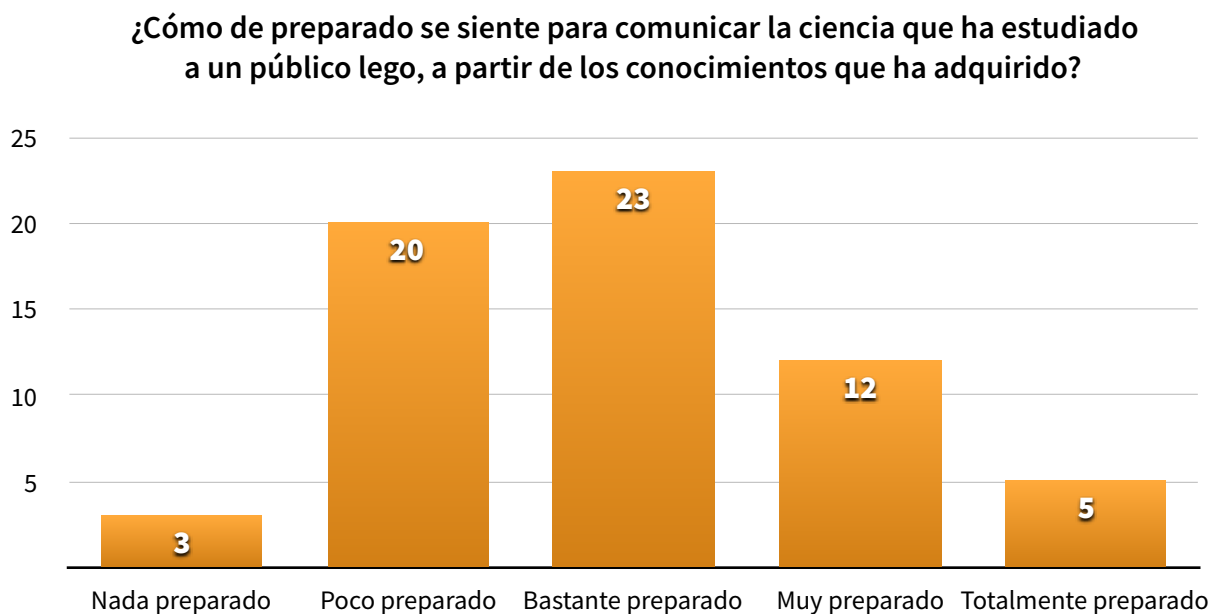


Figura 15. Recopilación, en forma de diagrama de barras, de las respuestas dadas por los participantes en la tercera pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. Los números en lo alto de cada barra indican el número de colaboradores que contestan de tal forma. Pese a que la mayoría de encuestados afirma no haber recibido preparación en comunicación científica, el sentimiento más repetido en la encuesta es el de una capacidad suficiente como para que la audiencia lega adquiera óptimamente las ideas comunicadas.

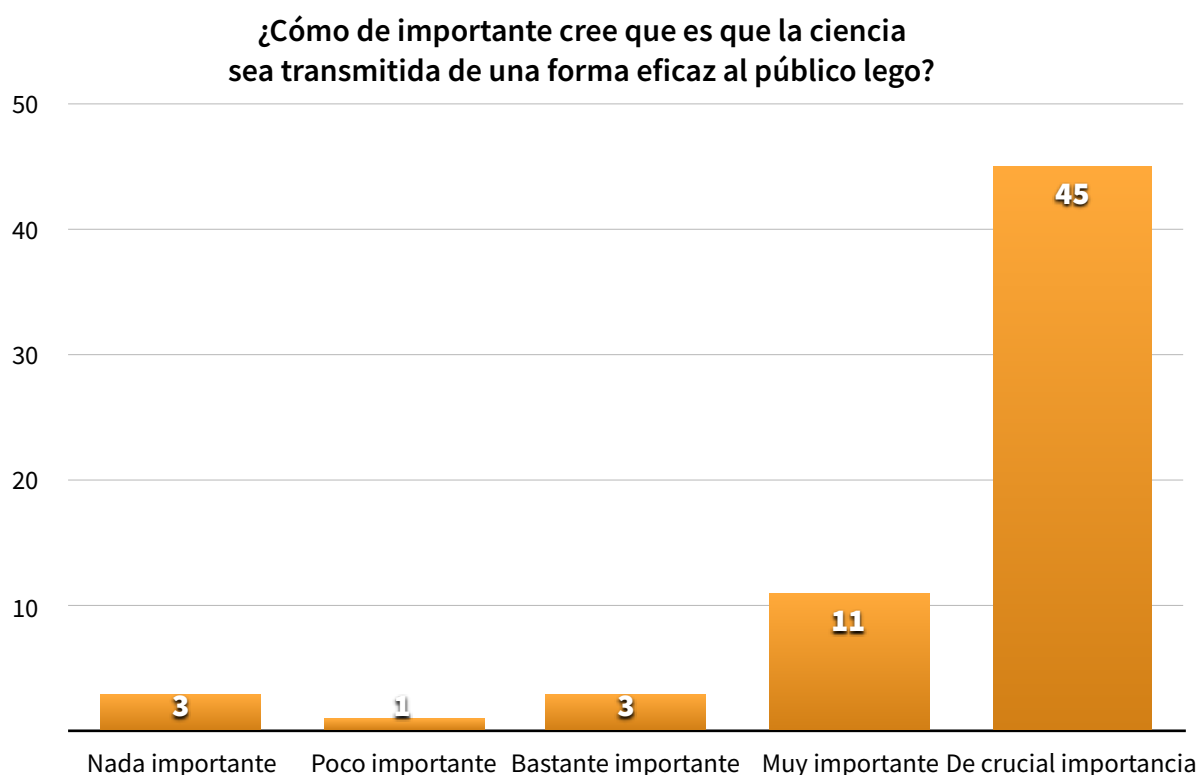


Figura 16. Recopilación, en forma de diagrama de barras, de las respuestas dadas por los participantes en la cuarta pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. Los números en lo alto de cada barra indican el número de colaboradores que contestan de tal forma. Es visible que la inmensa mayoría de los encuestados están convencidos de que divulgar ciencia es un asunto primordial.

¿Siente que, pese a ser ya científico y conocer las bases del conocimiento y la forma típica del discurso en ciencia, la comunicación es demasiado compleja y encriptada?

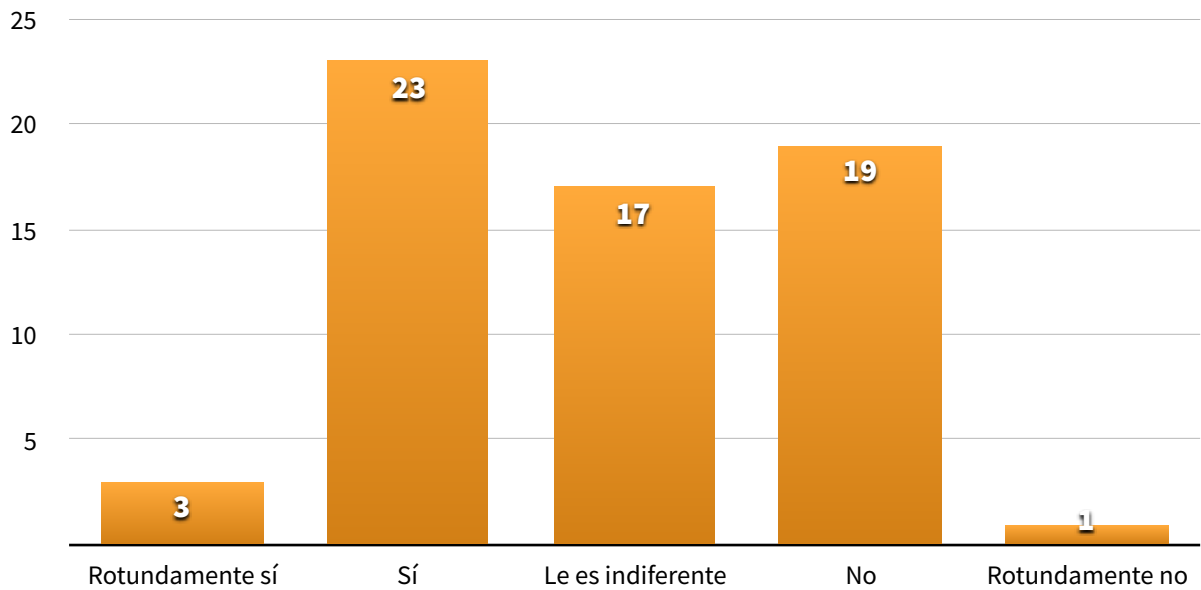


Figura 17. Recopilación, en forma de diagrama de barras, de las respuestas dadas por los participantes en la quinta pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. Los números en lo alto de cada barra indican el número de colaboradores que contestan de tal forma. Aunque el número de encuestados que creen que no o los que se sitúan en la indiferencia es cuantioso, la respuesta más repetida es que sí, que pese a ser científicos muchas veces les cuesta entender ideas de otras ramas de la ciencia.

¿Qué elemento(s) le dificulta(n) más una transmisión eficaz de las ideas fundamentales cuando se interesa por otra rama de la ciencia, diferente a la suya?

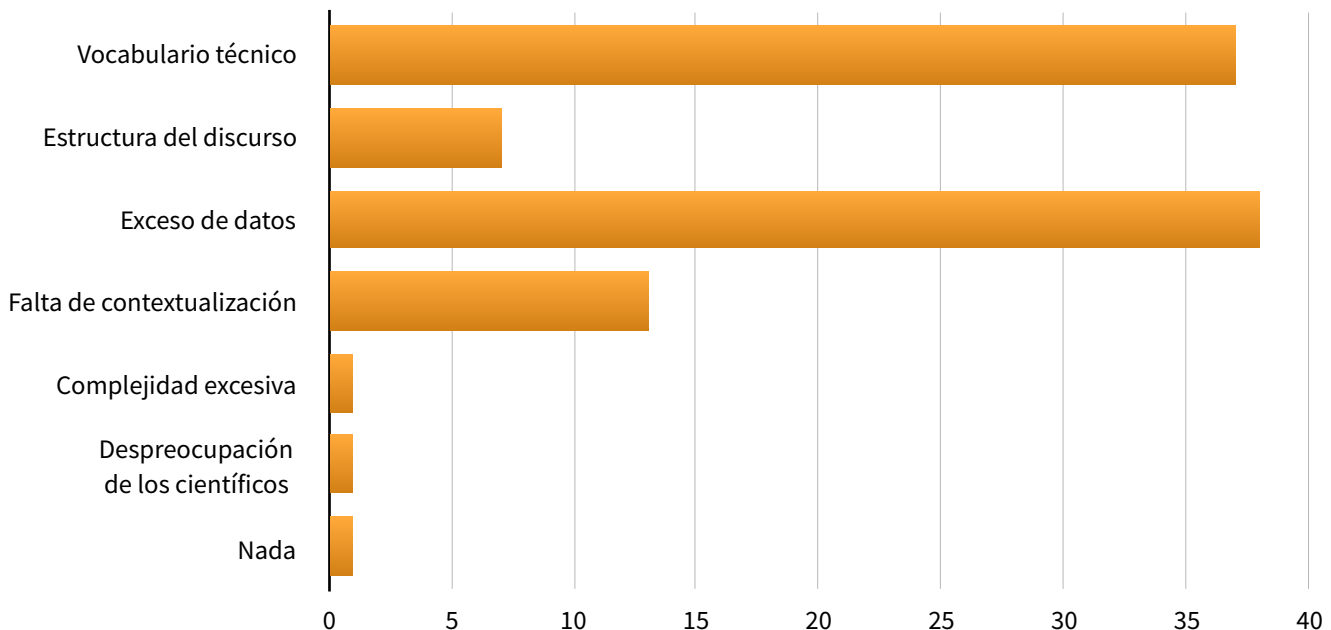


Figura 18. Recopilación, en forma de diagrama de barras, de las respuestas dadas por los participantes en la sexta pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada, la cual admitía respuesta múltiple (es decir, un solo participante podía seleccionar más de una opción). Algunos de los elementos más veces señalados coinciden con lo expuesto en la tesis del sensacionalismo expresivo, como el vocabulario técnico o la falta de contextualización.

¿Qué elemento(s) sacrificaría usted si tuviera que comunicar una idea científica a una audiencia lega?

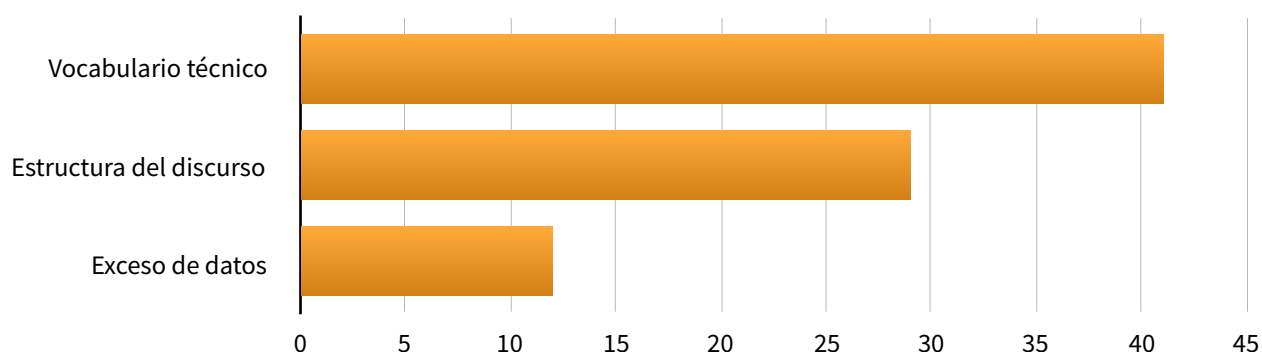


Figura 19. Recopilación, en forma de diagrama de barras, de las respuestas dadas por los participantes en la séptima pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada, la cual admitía respuesta múltiple (es decir, un solo participante podía seleccionar más de una opción). Las únicas tres respuestas elegidas por los encuestados concuerdan bastante con los elementos que entorpecían la comprensión de otras ideas científicas, de la pregunta anterior.

¿De qué ámbito de la ciencia procede usted?

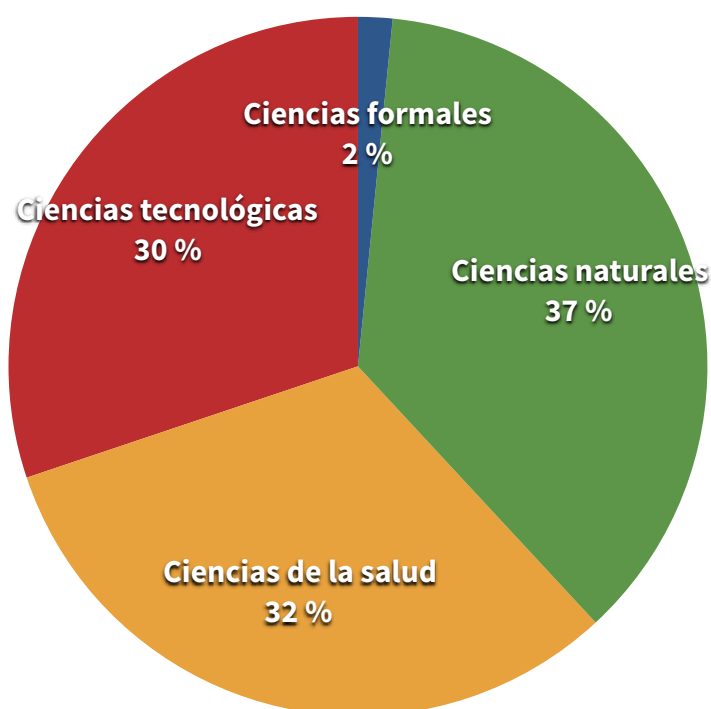


Figura 20. Recopilación, en forma de diagrama circular, de las respuestas dadas por los participantes en la octava y última pregunta. Elaboración propia. Se especifica en el título del gráfico la pregunta formulada. Exceptuando la escasa participación de encuestados procedentes de las ciencias formales, las otras tres ramas científicas están representadas aproximadamente en la misma proporción.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Una vez conocidos y detallados todos los resultados del estudio, a través de las respuestas a las encuestas, se interpretarán los mismos, poniéndolos en contexto entre sí, de forma que se irá construyendo la conclusión que nos llevará a aceptar o rechazar nuestra hipótesis inicial (que afirmaba que sería la manera menos convencional de divulgar aquella que los lectores preferirían), finalizando así el estudio que se ha llevado a cabo.

Relacionando los datos obtenidos en la primera encuesta previa a la lectura con los recopilados en la siguiente encuesta de valoración de los textos, resulta interesante que antes de leer los textos la mayoría de los encuestados siente que sus capacidades para comprender conceptos biotecnológicos complejos son más bien pocas (figura 3); sin embargo, una vez leídos los textos divulgativos, casi todos se sienten capaces de explicar de forma sencilla los fundamentos del sistema CRISPR-Cas (figura 11). Además, antes de adentrarse en la lectura de los textos, también casi todos los participantes aseguraban no haber oído nunca acerca del sistema de edición génica CRISPR-Cas (figura 5), lo que hace que la confianza que posteriormente demuestran en el conocimiento adquirido sea aún más digna de atención. Tal hecho puede constatar que la población percibe la ciencia de una forma muy alejada de sí, a causa de que la comunicación que se ha estado realizando en torno a asuntos científicos no se ha tratado de forma óptima para receptores legos, aun cuando estos aprecian la importancia de comprender la ciencia que los rodea (figura 4).

En esta misma línea de desconexión entre la comunicación de la ciencia y la población, es posible analizar algunos aspectos de la encuesta de autovaloración realizada a personas con formación en disciplinas científico-técnicas. La mayoría de los encuestados se sitúan a sí mismos en un rango de capacidad para hacer comprender su especialidad científica a audiencias legas que va de suficiente a absoluta (figura 15). Aunque es cierto que el tamaño de la población muestral participante en la encuesta es

demasiado pequeño como para hacer extrapolaciones generales, esta evidencia contrasta con varios aspectos:

- Con el sentimiento de incapacidad de entender conceptos científicos complejos por parte del público lego (figura 3); si bien es cierto que en un caso se pregunta por una disciplina muy concreta (biotecnología) y en el otro se recogen datos procedentes de especialistas en muchos ámbitos de la ciencia (figura 15).
- Con la propia respuesta posterior de los formados en ciencia ante la pregunta de si encuentran especialmente dificultosa la comunicación que reciben desde otros ámbitos de la esfera científica (figura 17). Es mayoritaria la percepción por parte de este colectivo de que la divulgación de otras áreas es demasiado compleja, frente a la apreciación de indiferencia e incluso también frente a la sensación de que tales divulgaciones se pueden entender bien.
- También con la propia respuesta anterior de los instruidos en ciencia acerca de su formación en comunicación científica (figuras 13 y 14), donde expresan una falta de preparación nada baladí en este campo.

Todo esto da una idea de que la divulgación científica en general no está siendo todo lo efectiva que debería y que los propios integrantes del entorno de la ciencia no están del todo concienciados acerca del tema, aunque sí son conscientes de la importancia que supone comunicar ciencia de manera eficaz (figura 16). De serlo, la comunicación tomaría otros derroteros, diferentes a los actuales, para resultar más eficaz, de modo que no solo la población se vería beneficiada, sino que la ciencia obtendría también un gran rédito, sobre todo de parte de esta población, entre la cual sumaría apoyos (Feliú-Mójer, 2015).

Centrando la atención ahora en los resultados de la encuesta para la valoración de los textos divulgativos, queda de manifiesto que, tanto a la hora de elegir el texto que cuesta menos leer (figura 6) como el que ayuda más a interiorizar la idea y mecanismo de CRISPR-Cas (figura 7), el preferido por la mayoría de lectores es el que fue creado atendiendo al sensacionalismo expresivo. No obstante, se observan algunas diferencias

en cuanto al porcentaje de colaboradores que eligen esta opción en los diversos casos planteados:

- Primeramente, con vista en una perspectiva global, la divulgación mediante sensacionalismo expresivo es menos elegida cuando se trata de interiorizar mejor el concepto de CRISPR que cuando se pide escoger el texto más sencillo de leer (dejando claro que en ambos supuestos es esta opción de comunicación la preferida). Está claro que el texto normativo ofrece al lector más información concreta que el texto no convencional. Por ello se puede entender el repunte de la elección de este primer texto cuando se pregunta por el que ayuda a comprender mejor el concepto, llegando al tercio de los encuestados, mientras que menos de un cuarto de ellos lo señalaban como el más fácil de leer.
- Este mismo fenómeno se observa también si se analiza el cambio por grupos y no en general. Tanto en el grupo 1 y 2 como en el A y B se produce un aumento de encuestados que, habiendo escogido el texto de divulgación alternativa en la primera pregunta, se decantan por el texto de divulgación normativa en la segunda. Este aumento es más acentuado en el caso del grupo A y B (un 15%) que en el otro grupo (un 11%), aunque tal diferencia no es significativa (páginas 51 y 53).
- Si se presta atención a los gráficos que muestran los resultados separados por grupos, se puede observar en ambos casos (tanto en la figura 6 como en la figura 7) que el texto que comunica CRISPR-Cas de un modo más normativo y clásico cuenta con un favor ligeramente mayor entre los participantes pertenecientes al grupo A y B. Aunque ya se ha demostrado que tales diferencias no se deben al orden en que los textos fueron leídos y se pueden considerar aleatorias (páginas 51 y 53), no es osado aventurar que haya algunos lectores que, ante la lectura previa del texto A (sensacionalismo expresivo), que asienta una base muy sencilla, el texto B (normativo) aparezca como menos complicado que de haberse producido su primer contacto con la técnica CRISPR-Cas directamente con este texto más especializado.

En el momento en que los lectores evalúan cuáles de los elementos han jugado un papel clave para determinar qué texto les hacía comprender mejor la idea y cuál no (figuras 8 y 9), se debe tener en cuenta que las respuestas se dividirán espontáneamente en dos grupos, independientes de los grupos ya realizados para eliminar el sesgo del orden de lectura. Las personas que hayan elegido el texto normativo como el que mejor les ha aclarado la técnica CRISPR responderán a la pregunta que pide especificar los elementos que facilitan la comprensión (3.^a pregunta: figura 8) refiriéndose al texto normativo, y la que solicita indicar aquello que ha dificultado la comprensión (4.^a pregunta: figura 9) remitiendo al texto que usa el sensacionalismo expresivo. Lo contrario ocurrirá con los encuestados que hayan preferido este último texto frente al anterior: responderán a la 3.^a pregunta pensando en el texto de divulgación alternativa y a la 4.^a con base en el texto de divulgación más clásica. Dado que el texto de sensacionalismo expresivo es el que ha ayudado más a comprender la idea a la mayoría de participantes, habrá más respuestas en clave positiva de los elementos de este texto que del de divulgación tradicional; análogamente, habrá también menos negativas.

Así pues, sin abandonar este análisis de los elementos de ambos textos, el elemento más elogiado del texto 2 o A (sensacionalismo expresivo) por parte de la audiencia es, con diferencia, la forma en que se explica el concepto de CRISPR-Cas, seguido por el uso del vocabulario común (figura 8, paneles I, II y III). En cuanto a los elementos preferidos por los electores del otro, el texto 1 o B (divulgación clásica), es también la manera de explicar lo que más los ayudó a seguir las ideas formuladas, aunque esta vez seguida mucho más de cerca por el vocabulario técnico empleado (figura 8, paneles I, II y III). Si atendemos a los elementos en sí mismos, es decir, sin entrar a observar en qué texto están valorados, precisamente los que más influyen en la comprensión e interiorización final de la idea son, en primer lugar, la manera como se explica y, en segundo lugar, el vocabulario empleado (figura 8, panel IV).

Estudiando ahora el caso contrario, es decir, los elementos textuales que más entorpecieron el entendimiento, ya no hay coincidencia entre estos dos nuevos grupos formados de manera espontánea. Los que prefieren el texto 2 o A son mayoritariamente

críticos con el vocabulario empleado en el texto 1 o B y no con la manera de explicar, más recta; aunque este es el segundo elemento que peor valoran de este texto después del vocabulario (figura 9, paneles I, II y III). En cambio, la opinión de los lectores que eligieron el texto 1 o B, respecto a qué hace más difícil la comprensión del texto 2 o A, se decanta más hacia la manera de explicar el concepto, más subjetiva y relatada y no tanto hacia la escasa presencia de tecnicismos; es más, relegan este aspecto al tercer lugar, pues el segundo elemento más entorpecedor para ellos es el estilo de redacción, que continúa un poco en la línea del recurso usado para hacer CRISPR más entendible y cercano (figura 9, paneles I, II y III).

Con todo, se puede observar con facilidad que el uso de recursos estilísticos para explicar conceptos rigurosos se premia mucho más que se castiga. Ocurre lo mismo con la supresión de tecnicismos, pero en menor medida. Llama la atención que justamente sean los dos elementos clave sobre los que se centra la tesis acerca de la divulgación científica de Ciapuscio y el sensacionalismo expresivo de Robles Ávila (página 29). Además, el vocabulario y la estructura del discurso también son percibidos como muy importantes a la hora de divulgar por los propios formados en ciencia (figuras 18 y 19). Tal vez lo más interesante del análisis de la elección de elementos facilitadores y entorpecedores en la comunicación científica sea que, ya sea de forma positiva o negativa, para los lectores prevalecen, por un lado, la manera en que un concepto se les es explicado y presentado, y por el otro, el vocabulario del que se hace uso para tal fin (figura 8, panel IV y figura 9, panel IV). Esos dos aspectos son los más importantes para ellos, por lo que el diseño de una divulgación eficaz de la ciencia debería tener tales puntos como centrales.

Adicionalmente, el tono desenfadado y desenvuelto que surge habitualmente de la supresión de los tecnicismos y del uso de recursos estilísticos no desentona del todo con la información científica que se desea transmitir. La mayoría de los lectores perciben ambos textos como igual de serios y rigurosos, pese a la notable diferencia de carácter entre ambos (figura 10). Las relaciones entre aquellos que perciben al texto 1 o B como más fiable que el texto 2 o A por su tono, prestando atención tanto a los dos

grupos de encuestados (figura 10, paneles I y II) como a la tendencia global (figura 10, panel III), son semejantes a las que se daban a la hora de escoger qué texto llevaba a una mejor comprensión del mecanismo de CRISPR (figura 7).

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, tanto en esta discusión como en los capítulos previos, se llega a la conclusión de **aceptar la hipótesis** planteada al inicio del estudio; es decir, se confirma que es el modo de divulgación alternativo, no convencional, y basado en el llamado sensacionalismo expresivo aquel que los lectores prefieren cuando se les da a elegir entre tal método y otro más ortodoxo, tradicional y normativo. Eso no es todo, sino que además los lectores encuestados refrendan los puntos clave del sensacionalismo expresivo (expuestos en la página 29): reducir el lenguaje terminológico científico especializado y hacer uso de recursos estilísticos literarios que den pie a una ligera subjetividad mediante la narrativización (que no deja de ser lo mismo que lo expresado como opción en las encuestas: el vocabulario y la manera de explicar la idea). A su vez estos dos puntos tienen como objetivo global acercar el conocimiento científico al público lego, para que este deje de percibirlo como inalcanzable y así se sienta capaz de comprenderlo, despertando su interés por la ciencia y, con el tiempo, haciéndole partícipe del progreso científico.

Mediante la constatación de este hecho, se anima desde la sencillez de este Trabajo Fin de Máster a que la comunicación de la ciencia y la divulgación científica caminen en esta dirección, a que se supere la resistencia que existe a transmitir el conocimiento científico de esta manera más heterodoxa pero a la vez atractiva para la audiencia. Existe un papel para todos en este camino hacia una mejor divulgación, y desde la ciencia se debe remar en la misma dirección, superando los prejuicios de este sensacionalismo expresivo, teniendo también en cuenta que su utilización debe hacerse con mesura y siempre garantizando la veracidad del conocimiento científico. Conseguir ilusionar al público es, hoy en día y más que nunca, clave para que permanezca y no busque ese entusiasmo en otros discursos de poca fiabilidad.

6. REFERENCIAS

- Barrangou, R. y Marraffini, L. (2014) "CRISPR-Cas Systems: Prokaryotes Upgrade to Adaptive Immunity", *Molecular Cell*, 54(2), pp. 234-244. doi:10.1016/j.molcel.2014.03.011.
- Brazelton, V. A., Zarecor, S., Wright, D. A., Wang, Y., Liu, J., Chen, K., Yang, B., Lawrence-Dill, C. J. y Lawrence-Dill, C. J. (2015) "A quick guide to CRISPR sgRNA design tools.", *GM crops & food*. Taylor & Francis, 6(4), pp. 266-76. doi:10.1080/21645698.2015.1137690.
- Brownell, S. E., Price, J. V y Steinman, L. (2013) "Science Communication to the General Public: Why We Need to Teach Undergraduate and Graduate Students this Skill as Part of Their Formal Scientific Training.", *Journal of undergraduate neuroscience education* : JUNE : a publication of FUN, Faculty for Undergraduate Neuroscience. Faculty for Undergraduate Neuroscience, 12(1), pp. E6-E10.
- Cai, L., Fisher, A. L., Huang, H. y Xie, Z. (2016) "CRISPR-mediated genome editing and human diseases", *Genes & Diseases*. Elsevier, 3(4), pp. 244-251. doi:10.1016/J.GENDIS.2016.07.003.
- Charlesworth, C. T., Deshpande, P. S., Dever, D. P., Dejene, B., Gomez-Ospina, N., Mantri, S., Pavel-Dinu, M., Camarena, J., Weinberg, K. I. y Porteus, M. H. (2018) "Identification of Pre-Existing Adaptive Immunity to Cas9 Proteins in Humans", *bioRxiv*. Cold Spring Harbor Laboratory, p. 243345. doi:10.1101/243345.
- Ciapuscio, G. E. (1997) "La divulgación de ciencia", *Quark: Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*. Observatorio de la Comunicación Científica de la Universidad Pompeu Fabra (Barcelona), 7, pp. 19-28.
- Cohen, S. N., Chang, A. C., Boyer, H. W. y Helling, R. B. (1973) "Construction of biologically functional bacterial plasmids in vitro.", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. National Academy of Sciences, 70(11), pp. 3240-4.
- Crawford, M. (2017) "8 Ways CRISPR-Cas9 Can Change the World", *American Society of Mechanical Engineers*.
- Cyranoski, D. (2016) "CRISPR gene-editing tested in a person for the first time", *Nature*, 539(7630), pp. 479-479. doi:10.1038/nature.2016.20988.
- Davis, A. J. y Chen, D. J. (2013) "DNA double strand break repair via non-homologous end-joining.", *Translational cancer research*. NIH Public Access, 2(3), pp. 130-143. doi:10.3978/j.issn.2218-676X.2013.04.02.
- Deltcheva, E., Chylinski, K., Sharma, C. M., Gonzales, K., Chao, Y., Pirzada, Z. A., Eckert, M. R., Vogel, J. y Charpentier, E. (2011) "CRISPR RNA maturation by trans-encoded small RNA and host factor RNase III", *Nature*, 471(7340), pp. 602-607. doi:10.1038/nature09886.
- Discamps, E. y Henshilwood, C. S. (2015) "Intra-Site Variability in the Still Bay Fauna at Blombos Cave: Implications for Explanatory Models of the Middle Stone Age Cultural and Technological Evolution", *PLOS ONE*. Editado por M. D. Petraglia, 10(12), p. e0144866. doi:10.1371/journal.pone.0144866.
- Doudna, J. A. y Charpentier, E. (2014) "The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9", *Science*, 346(6213).
- Escribano-Díaz, C., Orthwein, A., Fradet-Turcotte, A., Xing, M., Young, J. T. F., Tkáč, J., Cook, M. A., Rosebrock, A. P., Munro, M., Canny, M. D., Xu, D. y Durocher, D. (2013) "A Cell Cycle-Dependent Regulatory Circuit Composed of 53BP1-RIF1 and BRCA1-CtIP Controls DNA Repair Pathway Choice", *Molecular Cell*, 49(5), pp. 872-883. doi:10.1016/j.molcel.2013.01.001.
- Feliú-Mójer, M. (2015) "Effective Communication, Better Science", *Scientific American*.
- Grant, R. (2016) "Why scientists are losing the fight to communicate science to the public", *The Guardian*.
- Grice, A. (2017) "Fake news handed Brexiteers the referendum – and now they have no idea what they're doing", *The Independent*.

- Hunter, P. (2016) "The communications gap between scientists and public", *EMBO reports*. Wiley-Blackwell, 17(11), pp. 1513-1515. doi:10.15252/embr.201643379.
- Jiang, F. y Doudna, J. A. (2015) "The structural biology of CRISPR-Cas systems.", *Current opinion in structural biology*. Howard Hughes Medical Institute, 30, pp. 100-11. doi:10.1016/j.sbi.2015.02.002.
- Kaminski, R., Chen, Y., Fischer, T., Tedaldi, E., Napoli, A., Zhang, Y., Karn, J., Hu, W. y Khalili, K. (2016) "Elimination of HIV-1 Genomes from Human T-lymphoid Cells by CRISPR/Cas9 Gene Editing", *Scientific Reports*. Nature Publishing Group, 6(1), p. 22555. doi:10.1038/srep22555.
- Khan, F. A., Pandupuspitasari, N. S., Chun-Jie, H., Ao, Z., Jamal, M., Zohaib, A., Khan, F. A., Hakim, M. R. y ShuJun, Z. (2016) "CRISPR/Cas9 therapeutics: a cure for cancer and other genetic diseases.", *Oncotarget*. Impact Journals, LLC, 7(32), pp. 52541-52552. doi:10.18632/oncotarget.9646.
- Kuhn, T. S. (1962) "The structure of scientific revolutions", University of Chicago Press.
- Lackner, S. (2014) "Without Science the World Stops – AR Magazine", *AR Magazine*. The Champalimaud Foundation.
- Le Page, M. (2015) "The climate fact no one will admit: 2 °C warming is inevitable", *New Scientist*.
- Ledford, H. (2016) "CRISPR: gene editing is just the beginning", *Nature*, 531(7593), pp. 156-159. doi: 10.1038/531156a.
- Leshner, A. I. (2003) "Public engagement with science.", *Science* (New York, N.Y.). American Association for the Advancement of Science, 299(5609), p. 977. doi:10.1126/science.299.5609.977.
- Long, C., Li, H., Tiburcy, M., Rodriguez-Caycedo, C., Kyrychenko, V., Zhou, H., Zhang, Y., Min, Y.-L., Shelton, J. M., Mammen, P. P. A., Liaw, N. Y., Zimmermann, W.-H., Bassel-Duby, R., Schneider, J. W. y Olson, E. N. (2018) "Correction of diverse muscular dystrophy mutations in human engineered heart muscle by single-site genome editing", *Science Advances*. American Association for the Advancement of Science, 4(1), p. eaap9004. doi:10.1126/sciadv.aap9004.
- Lynas, M. (2015) "Even in 2015, the public doesn't trust scientists", *The Washington Post*.
- Ma, H., Marti-Gutierrez, N., Park, S.-W., Wu, J., Lee, Y., Suzuki, K., Koski, A., Ji, D., Hayama, T., Ahmed, R., Darby, H., Van Dyken, C., Li, Y., Kang, E., Park, A.-R., Kim, D., Kim, S.-T., Gong, J., Gu, Y., Xu, X., Battaglia, D., Krieg, S. A., Lee, D. M., Wu, D. H., Wolf, D. P., Heitner, S. B., Belmonte, J. C. I., Amato, P., Kim, J.-S., Kaul, S. y Mitalipov, S. (2017) "Correction of a pathogenic gene mutation in human embryos.", *Nature*, 548(7668), pp. 413-419. doi:10.1038/nature23305.
- Mojica, F. J. M. y Montoliu, L. (2016) "On the Origin of CRISPR-Cas Technology: From Prokaryotes to Mammals", *Trends in Microbiology*, 24(10), pp. 811-820. doi:10.1016/j.tim.2016.06.005.
- Park, J. (2017) "The Shortest Distance Between Two People Is A Story", *Voices of PDS*. Princeton Day School. Disponible en: <https://www.pds.org/school-life/voices-of-pds/post/~board/voices-of-pds/post/the-shortest-distance-between-two-people-is-a-story> (Accedido: 28 de mayo de 2018).
- Pourcel, C., Salvignol, G. y Vergnaud, G. (2005) "CRISPR elements in *Yersinia pestis* acquire new repeats by preferential uptake of bacteriophage DNA, and provide additional tools for evolutionary studies", *Microbiology*. Microbiology Society, 151(3), pp. 653-663. doi:10.1099/mic.0.27437-0.
- Radford, T. (2011) "Of course scientists can communicate", *Nature*, 469(7331), pp. 445-445. doi: 10.1038/469445a.
- Rangel, G. (2015) "From Corgis to Corn: A Brief Look at the Long History of GMO Technology", *Science in the News*. Harvard University. Disponible en: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/from-corgis-to-corn-a-brief-look-at-the-long-history-of-gmo-technology/> (Accedido: 12 de marzo de 2018).
- Reardon, S. (2016) "First CRISPR clinical trial gets green light from US panel", *Nature*. doi:10.1038/nature.2016.20137.

- Robles Ávila, S. (2017) "El léxico en el periodismo de divulgación: entre el rigor científico y el sensacionalismo informativo", en *La configuración lingüístico-discursiva en el periodismo científico*, pp. 195-228.
- Rodríguez Espinosa, J. M. (2005) "The importance of Scientific literacy in our Society", *Distant Worlds*, ("Astrophysics, and how to attract young people into Physics"; Proc. JENAM 2005), pp. 28-31.
- Roitman, L. A., Fisher, D. y Theriot, J. (2017) "Nanomedicine and Nanoscience Research Playing God: Eradicating Malaria and Mosquitoes in the Developing World with Gene Drives and CRISPR/Cas9". doi: 10.29011/JNAN-127.
- Somerville, R. C. y Hassol, S. (2011) "Communicating the science of climate change", *Physics Today*.
- Song, F. y Stieger, K. (2017) "Optimizing the DNA Donor Template for Homology-Directed Repair of Double-Strand Breaks". *Cell Press*, 7, pp. 53-60. doi:10.1016/J.OMTN.2017.02.006.
- Tafari, S., Gallone, M. S., Cappelli, M. G., Martinelli, D., Prato, R. y Germinario, C. (2014) "Addressing the anti-vaccination movement and the role of HCWs", *Vaccine*. Elsevier, 32(38), pp. 4860-4865. doi: 10.1016/J.VACCINE.2013.11.006.
- Van Leen, R. (2015) "Why the world needs to embrace science", World Economic Forum.
- Van Riper, A. B. (2003) "What the public thinks it knows about science.", *EMBO reports*. European Molecular Biology Organization, 4(12), pp. 1104-7. doi:10.1038/sj.embor.7400040.
- Verma, A. S., Agrahari, S., Rastogi, S. y Singh, A. (2011) "Biotechnology in the realm of history.", *Journal of pharmacy & bioallied sciences*. Wolters Kluwer — Medknow Publications, 3(3), pp. 321-3. doi: 10.4103/0975-7406.84430.
- Wang, H. X., Li, M., Lee, C. M., Chakraborty, S., Kim, H. W., Bao, G. y Leong, K. W. (2017) "CRISPR/Cas9-Based Genome Editing for Disease Modeling and Therapy: Challenges and Opportunities for Nonviral Delivery", *Chemical Reviews*, 117(15), pp. 9874-9906. doi:10.1021/acs.chemrev.6b00799.
- Wild, R. (2017) "Why scientists should communicate science – getting to the heart of the matter", Naturejobs Blog. Disponible en: <http://blogs.nature.com/naturejobs/2017/11/20/why-scientists-should-communicate-science-getting-to-the-heart-of-the-matter/> (Accedido: 3 de junio de 2018).
- Zhao, Y., Ying, Y. y Wang, Y. (2014) "Developing CRISPR/Cas9 Technologies for Research and Medicine", *MOJ Cell Science & Report*. MedCrave Online, 1(1), pp. 1-13. doi:10.15406/mojcsr.2014.1.00006.

ANEXO I

Textos divulgativos

Análisis del texto 1 o B: divulgación normativa.

677 palabras

Qué es (párr. 1) > Cómo funciona (párr. 2 a 6) > Para qué sirve (párr. 7)

Uso de **tecnicismos**

Uso de **explicaciones**

Ausencia de elementos subjetivadores

Estructura menos literaria y más científica

CRISPR-Cas es un sistema de modificación genética presente de manera natural en algunas bacterias, las cuales lo utilizan como una estrategia de seguridad para inhabilitar ADN procedente de virus perjudiciales. No obstante, hoy en día el sistema CRISPR-Cas es tan importante debido a su aplicación como herramienta de edición génica en cualquier tipo de organismos, no solo bacterias. Mediante algunas pequeñas adaptaciones, se ha conseguido que este sistema propio de bacterias pueda ayudar a modificar cualquier tipo de ADN, incluido el ADN humano.

En el funcionamiento del sistema CRISPR-Cas intervienen varios elementos: el propio ADN a modificar, una **molécula** de **ARN** guía y una proteína (**enzima**) llamada Cas9. En primer lugar, es importante saber que lo que hace el sistema CRISPR-Cas en el ADN es un corte. Por tanto, no modifica como tal el ADN, sino que lo prepara para su posterior modificación.

De esta manera, el primer elemento a tener en cuenta es el ADN objetivo sobre el que queremos que actúe. El ADN está compuesto por **bases nitrogenadas (de las que hay 4 diferentes: A, C, G y T)** apareadas formando una doble hebra. Así que es necesario conocer la secuencia exacta de la región de ADN que queremos cortar (**es decir, hay que saber el orden exacto de aes, ces, ges y tes que hay en la región objetivo**).

El segundo elemento que interviene es el ARN guía. **El ARN es una molécula muy similar al ADN, compuesta también por bases nitrogenadas (también hay 4 diferentes, pero en el ARN son A, C, G y U) sin aparear**, formando una **hebra sencilla**. Este ARN guía se diseña para que sus bases sean **complementarias** a las bases

conocidas del ADN objetivo. De esta forma, este ARN será capaz de **aparearse** con el ADN que queremos cortar.

El último elemento involucrado en este sistema es la proteína Cas9. **Esta proteína es en realidad una enzima, es decir, una proteína capaz de realizar una reacción química.** En nuestro caso, la reacción que Cas9 realiza es precisamente el corte que buscábamos en la doble hebra de ADN.

Una vez sabemos qué elementos intervienen, el proceso en su conjunto se realiza de la siguiente manera. El ARN guía y la enzima Cas9 se unen, formando un complejo que es capaz de buscar en el ADN la secuencia objetivo. Recordemos que tal secuencia es perfectamente complementaria a la secuencia que compone al ARN guía. Así, cuando encuentren la secuencia objetivo, una hebra del ADN se apareará con el ARN guía, haciendo que el ADN quede unido también a la enzima Cas9. Esto será el indicador necesario para que Cas9 corte la doble hebra de ADN en un punto concreto de la secuencia objetivo, dejándola lista para la modificación. Una vez el corte ha sido generado, la modificación del gen cortado puede suceder de diferentes maneras, ya sea mediante la reparación espontánea por parte de la propia célula **(que generalmente se traducirá en la desactivación de ese gen)** o la reparación dirigida gracias a la inserción de pequeños fragmentos de ADN con la secuencia que deseamos que el gen incluya **(que no hará que el gen se inactive, sino que hará que funcione de forma distinta a como lo hacía antes de la modificación).**

Gracias a este procedimiento, como hemos visto, se pueden modificar genes. La aplicación de esta modificación es bastante amplia. En primer lugar, servirá para conocer mejor cuál es la función de algunos genes de los que hoy no se tiene mucha información. Pero lo más interesante es que puede utilizarse para realizar modificaciones muy precisas en genes concretos, lo que abre la puerta a una posible curación de enfermedades genéticas crónicas mediante la corrección del gen defectuoso; enfermedades como la fibrosis quística, la enfermedad de Huntington o la hemocromatosis. CRISPR-Cas, además, permite modificar varios genes a la vez (cosa que antes era prácticamente imposible hacer), haciendo que sea más probable tratar enfermedades genéticas provocadas por la interacción de muchos genes y no de uno solo, como algunos tipos de cáncer, la diabetes o la artritis, entre otras.

Análisis del texto 2 o A: divulgación alternativa.

740 palabras.

Qué es (párr. 1 y 2) > Cómo funciona (párr. 4 a 7) > Para qué sirve (párr. 8)

Evitación del tecnicismo

Sustitución de formas técnicas por **formas corrientes del habla**

Contextualización y uso de metáforas

Narrativización

CRISPR-Cas, un término que seguramente hayas leído ya más de una vez en los medios de comunicación y que, probablemente, no sepas muy bien qué es. Bien, por muy artificial que parezca su nombre, este sistema existe en la naturaleza desde hace mucho tiempo. Estaba escondido en el interior de algunas bacterias, esos **bichitos** microscópicos que están en el yogur, en nuestro intestino y básicamente por todos lados. CRISPR-Cas es la **aduanas genética** de las bacterias: si detecta que entra material genético (ADN) sospechoso de poder provocar daños en la bacteria, **le mete un corte**. Literalmente.

Pero CRISPR-Cas no ha sido noticia en medio mundo por ser la defensa ideal para las bacterias. Resulta que se ha conseguido utilizar CRISPR-Cas como herramienta para editar el ADN. Editarlo, sí. **Como si editas una foto**, que cambias este color de aquí por uno más oscuro. Pues en el ADN igual, cambias unos cuantos colores por otros y te queda un gen muy distinto. **Como cuando le pones a una foto tuya ese filtro que tan bien te queda**: que no pareces tú. Podríamos decir que CRISPR-Cas es el Instagram de la edición génica.

Y ya que hemos entrado en el mundo de las redes sociales, ¿quién no ha cambiado alguna vez la contraseña de su correo electrónico, su cuenta de Facebook o incluso su número secreto de la cuenta bancaria? Pues cuando cambiamos cualquiera de nuestras contraseñas estamos haciendo lo mismo que hace CRISPR-Cas para lograr cambiar un gen.

Repasemos. ¿Qué es lo más importante que necesitamos para poder establecer una nueva contraseña? Claramente, necesitamos saber a la perfección nuestra contraseña actual. Si no, no podremos acceder nunca a la opción de cambiarla. El hecho de introducir la contraseña antigua le confirmará al sistema que somos nosotros, los dueños de la cuenta, los que estamos accediendo a ella. Así tendremos luz verde para realizar todos los cambios que queramos en ella. Una se ha asegurado de que,

efectivamente, sabemos la contraseña y estamos dispuestos a cambiarla, el sistema hace clic y elimina la contraseña antigua, inactivándola por completo. Ahora la contraseña es un espacio vacío y nosotros podremos poner los caracteres que queramos como nuestra nueva contraseña, incluso 0000.

Así pues: introducimos la contraseña antigua, el sistema comprueba que realmente la hemos introducido bien, se asegura de que somos nosotros y entonces borra la contraseña para que podamos introducir una nueva. Fácil. Todos hemos hecho este procedimiento alguna vez. Si entendéis esto, entonces también entendéis cómo funciona CRISPR-Cas. Solo que CRISPR-Cas cambia el ADN, que no dejan de ser una contraseña genética, que también está formada por una serie de caracteres muy concreta.

Para cambiar un gen necesitamos saber exactamente la secuencia de ADN que tiene: qué caracteres y en qué orden aparecen. Lo mismo que con la contraseña: necesitamos acordarnos de qué caracteres tiene y en qué orden para poder introducirla cuando nos la pidan. Para ello, existe una molécula guía (llamada ARN guía) que va verificando carácter por carácter que todo esté en el orden correcto y se corresponda con la secuencia adecuada. Es la comprobación que hace el sistema una vez nosotros hemos introducido la contraseña. Por último, y cuando la secuencia ha sido verificada por la molécula guía, una gran proteína (la enzima Cas9) corta la secuencia de ADN en un punto, inactivando el gen al que pertenecía. Justo como cuando el sistema borra la contraseña antigua una vez la ha comprobado.

Por lo tanto, debemos conocer perfectamente la secuencia de ADN que queremos modificar. La molécula de ARN guía se encargará de identificar la secuencia de ADN sobre la que vamos a actuar. Una vez hecho esto, **se dará luz verde** a la proteína Cas9 para que haga un corte en la secuencia de ADN, dejándola así inactiva.

El resultado es que la secuencia de ADN que conforma el gen ha quedado **partida en dos**. En ese “hueco libre” podemos introducir la secuencia que queramos, haciendo que el gen pase a ser totalmente diferente al original. Al ser diferente al original, también tendrá funciones diferentes a las que tenía al principio. Igual que cuando el sistema elimina nuestra antigua contraseña podemos inventarnos una serie de caracteres completamente. Y en ese «hueco libre» puede estar la solución para enfermedades genéticas hasta ahora incurables como la diabetes, la fibrosis quística o hasta algunos tipos de cáncer.

Y ahora, ¿no te están entrando ganas de cambiar alguna de tus contraseñas?

Réplicas de los documentos facilitados a los participantes.



TEXTO 1



CRISPR-Cas es un sistema de modificación genética presente de manera natural en algunas bacterias, las cuales lo utilizan como una estrategia de seguridad para inhabilitar ADN procedente de virus perjudiciales. No obstante, hoy en día el sistema CRISPR-Cas es tan importante debido a su aplicación como herramienta de edición génica en cualquier tipo de organismos, no solo bacterias. Mediante algunas pequeñas adaptaciones, se ha conseguido que este sistema propio de bacterias pueda ayudar a modificar cualquier tipo de ADN, incluido el ADN humano.

En el funcionamiento del sistema CRISPR-Cas intervienen varios elementos: el propio ADN a modificar, una molécula de ARN guía y una proteína (enzima) llamada Cas9. En primer lugar, es importante saber que lo que hace el sistema CRISPR-Cas en el ADN es un corte. Por tanto, no modifica como tal el ADN, sino que lo prepara para su posterior modificación.

De esta manera, el primer elemento a tener en cuenta es el ADN objetivo sobre el que queremos que actúe. El ADN está compuesto por bases nitrogenadas (de las que hay 4 diferentes: A, C, G y T) apareadas formando una doble hebra. Así que es necesario conocer la secuencia exacta de la región de ADN que queremos cortar (es decir, hay que saber el orden exacto de aces, ces, ges y tes que hay en la región objetivo).

El segundo elemento que interviene es el ARN guía. El ARN es una molécula muy similar al ADN, compuesta también por bases nitrogenadas (también hay 4 diferentes, pero en el ARN son A, C, G y U) sin aparear, formando una hebra sencilla. Este ARN guía se diseña para que sus bases sean complementarias a las bases conocidas del ADN objetivo. De esta forma, este ARN será capaz de aparearse con el ADN que queremos cortar.

El último elemento involucrado en este sistema es la proteína Cas9. Esta proteína es en realidad una enzima, es decir, una proteína capaz de realizar una reacción química. En nuestro caso, la reacción que Cas9 realiza es precisamente el corte que buscábamos en la doble hebra de ADN.

Una vez sabemos qué elementos intervienen, el proceso en su conjunto se realiza de la siguiente manera. El ARN guía y la enzima Cas9 se unen, formando un complejo que es capaz de buscar en el ADN la secuencia objetivo. Recordemos que tal secuencia es perfectamente complementaria a la secuencia que compone al ARN guía. Así, cuando encuentren la secuencia objetivo, una hebra del ADN se apareará con el ARN guía, haciendo que el ADN quede unido

también a la enzima Cas9. Esto será el indicador necesario para que Cas9 corte la doble hebra de ADN en un punto concreto de la secuencia objetivo, dejándola lista para la modificación. Una vez el corte ha sido generado, la modificación del gen cortado puede suceder de diferentes maneras, ya sea mediante la reparación espontánea por parte de la propia célula (que generalmente se traducirá en la desactivación de ese gen) o la reparación dirigida gracias a la inserción de pequeños fragmentos de ADN con la secuencia que deseamos que el gen incluya (que no hará que el gen se inactíve, sino que hará que funcione de forma distinta a como lo hacía antes de la modificación).

Gracias a este procedimiento, como hemos visto, se pueden modificar genes. La aplicación de esta modificación es bastante amplia. En primer lugar, servirá para conocer mejor cuál es la función de algunos genes de los que hoy no se tiene mucha información. Pero lo más interesante es que puede utilizarse para realizar modificaciones muy precisas en genes concretos, lo que abre la puerta a una posible curación de enfermedades genéticas crónicas mediante la corrección del gen defectuoso; enfermedades como la fibrosis quística, la enfermedad de Huntington o la hemocromatosis. CRISPR-Cas, además, permite modificar varios genes a la vez (cosa que antes era prácticamente imposible hacer), haciendo que sea más probable tratar enfermedades genéticas provocadas por la interacción de muchos genes y no de uno solo, como algunos tipos de cáncer, la diabetes o la artritis, entre otras.



TEXTO 2



CRISPR-Cas, un término que seguramente hayas leído ya más de una vez en los medios de comunicación y que, probablemente, no sepas muy bien qué es. Bien, por muy artificial que parezca su nombre, este sistema existe en la naturaleza desde hace mucho tiempo. Estaba escondido en el interior de algunas bacterias, esos bichitos microscópicos que están en el yogur, en nuestro intestino y básicamente por todos lados. CRISPR-Cas es la aduana genética de las bacterias: si detecta que entra material genético (ADN) sospechoso de poder provocar daños en la bacteria, le mete un corte. Literalmente.

Pero CRISPR-Cas no ha sido noticia en medio mundo por ser la defensa ideal para las bacterias. Resulta que se ha conseguido utilizar CRISPR-Cas como herramienta para editar el ADN. Editarlo, sí. Como si editas una foto, que cambias este color de aquí por uno más oscuro. Pues en el ADN igual, cambias unos cuantos colores por otros y te queda un gen muy distinto. Como cuando le pones a una foto tuya ese filtro que tan bien te queda: que no pareces tú. Podríamos decir que CRISPR-Cas es el Instagram de la edición génica.

Y ya que hemos entrado en el mundo de las redes sociales, ¿quién no ha cambiado alguna vez la contraseña de su correo electrónico, su cuenta de Facebook o incluso su número secreto de la cuenta bancaria? Pues cuando cambiamos cualquiera de nuestras contraseñas estamos haciendo lo mismo que hace CRISPR-Cas para lograr cambiar un gen.

Repasemos. ¿Qué es lo más importante que necesitamos para poder establecer una nueva contraseña? Claramente, necesitamos saber a la perfección nuestra contraseña actual. Si no, no podremos acceder nunca a la opción de cambiarla. El hecho de introducir la contraseña antigua le confirmará al sistema que somos nosotros, los dueños de la cuenta, los que estamos accediendo a ella. Así tendremos luz verde para realizar todos los cambios que queramos en ella. Una vez se ha asegurado de que, efectivamente, sabemos la contraseña y estamos dispuestos a cambiarla, el sistema hace clic y elimina la contraseña antigua, inactivándola por completo. Ahora la contraseña es un espacio vacío y nosotros podremos poner los caracteres que queramos como nuestra nueva contraseña, incluso 0000.

Así pues, introducimos la contraseña antigua, el sistema comprueba que realmente la hemos introducido bien, se asegura de que somos nosotros y entonces borra la contraseña para que podamos introducir una nueva. Fácil. Todos hemos hecho este procedimiento alguna vez. Si entendéis esto, entonces también entendéis cómo funciona CRISPR-Cas. Solo que

CRISPR-Cas cambia el ADN, que no deja de ser una contraseña genética, y que también está formada por una serie de caracteres muy concreta.

Para cambiar un gen necesitamos saber exactamente la secuencia de ADN que tiene: qué caracteres y en qué orden aparecen. Lo mismo que con la contraseña: necesitamos acordarnos de qué caracteres tiene y en qué orden para poder introducirla cuando nos la pidan. Para ello, existe una molécula guía (llamada ARN guía) que va verificando carácter por carácter que todo esté en el orden correcto y se corresponda con la secuencia adecuada. Es la misma comprobación que hace el sistema una vez nosotros hemos introducido la contraseña. Por último, y cuando la secuencia ha sido verificada por la molécula guía, una gran proteína (la enzima Cas9) corta la secuencia de ADN en un punto, desactivando el gen al que pertenecía. Justo como cuando el sistema borra la contraseña antigua una vez la ha comprobado.

Por lo tanto, debemos conocer perfectamente la secuencia de ADN que queremos modificar. La molécula de ARN guía se encargará de identificar la secuencia de ADN sobre la que vamos a actuar. Una vez hecho esto, se dará luz verde a la proteína Cas9 para que haga un corte en la secuencia de ADN, dejándola así inactiva.

El resultado es que la secuencia de ADN que conforma el gen ha quedado partida en dos. En ese "hueco libre" podemos introducir la secuencia que queramos, haciendo que el gen pase a ser totalmente diferente al original. Al ser diferente al original, también tendrá funciones diferentes a las que tenía al principio. Igual que cuando el sistema elimina nuestra antigua contraseña podemos inventarnos una serie de caracteres completamente nueva. Y en ese "hueco libre" puede estar la solución para enfermedades genéticas hasta ahora incurables como la diabetes, la fibrosis quística o hasta algunos tipos de cáncer.

Y ahora, ¿no te están entrando ganas de cambiar alguna de tus contraseñas?



ANEXO II

Encuestas

Encuesta previa a la lectura de los textos

Encuesta previa a la lectura de los textos sobre el sistema CRISPR-Cas

RECUERDE QUE ES MUY IMPORTANTE QUE RESPONDA ESTA ENCUESTA ANTES DE HABER LEÍDO AMBOS TEXTOS

Los datos recopilados se utilizarán para la realización de un Trabajo Fin de Máster en la Universidad de Barcelona

•Obligatorio

Introduzca su código *

Tu respuesta

1.- Dada su formación académica y/o experiencia profesional, ¿cómo valoraría usted mismo su propia capacidad para entender conceptos relacionados con la biotecnología? Elija un valor siendo 1 el mínimo y 5 el máximo.

Es decir:

- 1 = En absoluto capaz
- 2 = Poco capaz
- 3 = Bastante capaz
- 4 = Muy capaz
- 5 = Totalmente capaz

Valore *

	1	2	3	4	5	
En absoluto capaz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente capaz

2.- ¿Cuán importante considera que es para usted el poder llegar a comprender de forma básica el funcionamiento de sistemas biotecnológicos que podrían tener aplicaciones médicas en el futuro? Elija un valor siendo 1 el mínimo y 5 el máximo.

Es decir:

- 1 = Nada importante
- 2 = Poco importante
- 3 = Bastante importante
- 4 = Muy importante
- 5 = De crucial importancia

Elija *

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De crucial importancia

3.- ¿Ha oído hablar o ha leído algo sobre el sistema de edición génica CRISPR-Cas?

Responda *

- ☐ Sí
- ☐ No

Encuesta de valoración de los textos

Se adjunta únicamente la encuesta perteneciente a los textos 1 y 2; la encuesta para la valoración de los textos A y B es exactamente igual, solo que en lugar de «texto 1» aparece «texto B», y en lugar de «texto 2», «texto A».

Encuesta de valoración de los textos 1 y 2 sobre el sistema CRISPR-Cas

RECUERDE QUE ES MUY IMPORTANTE QUE RESPONDA ESTA ENCUESTA UNA VEZ HAYA LEÍDO AMBOS TEXTOS

Los datos recopilados se utilizarán para la realización de un Trabajo Fin de Máster en la Universidad de Barcelona

•Obligatorio

Introduzca su código *

Tu respuesta

1.- ¿Cuál de los dos textos le ha costado menos leer?

Elija *

- ☐ Texto 1
- ☐ Texto 2

2.- ¿Con cuál de los dos textos cree que ha interiorizado mejor el conocimiento del funcionamiento del sistema CRISPR-Cas?

Entendiendo por interiorizar el hecho de que sea capaz de tener clara una idea de cómo funciona, no que sepa exactamente cómo funciona en realidad

Elija *

- ☐ Texto 1
- ☐ Texto 2

3.- A su juicio, ¿qué elemento(s) del texto elegido en la pregunta n.º 2 le ha(n) ayudado más a la hora de comprender la explicación?

Puede seleccionar tantas respuestas como considere necesario. En el caso de que ninguna de las opciones disponibles se corresponda la respuesta que desee dar, o si quiere añadir algún elemento que no aparece entre las opciones, elija la opción "Otro" y escriba lo que considere.

Marque *

- ☐ El vocabulario, léxico y conceptos empleados
- ☐ La estructura del texto
- ☐ La manera como se explicaban algunos procedimientos o conceptos
- ☐ El estilo de redacción
- ☐ Otro: _____

4.- A su juicio, ¿qué elemento(s) del texto NO elegido en la pregunta n.º 2 le ha(n) dificultado más a la hora de comprender la explicación?

Puede seleccionar tantas respuestas como considere necesario. En el caso de que ninguna de las opciones disponibles se corresponda a la respuesta que desee dar, o si quiere añadir algún elemento que no aparece entre las opciones, elija la opción "Otro" y escriba lo que considere.

Marque *

- ☐ El vocabulario, léxico y conceptos empleados
- ☐ La estructura del texto
- ☐ La manera como se explicaban algunos procedimientos o conceptos
- ☐ El estilo de redacción
- ☐ Otro: _____

5.- ¿Cree que el tono más serio del texto 1 hace más fiable la explicación, del mismo modo que el tono más desenfadado del texto 2 la hace parecer menos rigurosa?

Si cree que el texto 1 parece más fiable que el 2 pero no por el tono utilizado sino por otra razón, elija la respuesta "Otro" y escriba "Sí" especificando a continuación la razón por la cual cree que es así.

Si aun con la especificación anterior encuentra que las opciones abajo disponibles no consiguen responder a la pregunta como usted quiere, elija la respuesta "Otro" y escriba la respuesta que satisfaga sus razones.

Elija *

- ☐ Sí, creo que los tonos usados en ambos textos hacen que el texto 1 dé una sensación más fiable y rigurosa que el 2
- ☐ No, no creo que el tono diferente de cada texto haga que la información de uno parezca más fiable y rigurosa que la del otro
- ☐ Otro: _____

6.- Después de haber leído el texto, ¿se sentiría preparado para intentar explicar de forma sencilla cómo es el funcionamiento básico del sistema CRISPR-Cas a la hora de modificar un gen?

Recuerde que no se pregunta si se sentiría preparado para explicar de forma rigurosa el funcionamiento del sistema CRISPR-Cas, sino para transmitir la idea básica de cómo funciona.

Responda *

- ☐ Sí
- ☐ No

7.- De haber leído los textos en orden inverso, ¿cree que sus respuestas habrían sido distintas?

Es decir, si considera que haber leído primero el texto 1 y luego el 2 ha condicionado, por ejemplo, que haya comprendido mejor el texto que eligió en la pregunta n.º 2.

Responda *

- ☐ Sí
- ☐ No

A continuación se muestran las respuestas que algunos de los encuestados añadieron cuando se les daba la opción de contestar, seleccionando la opción «otro» y especificando aquello que deseaban apuntar. Como se puede apreciar, la gran mayoría de estas especificaciones realizadas por los participantes se podrían incluir dentro de alguna de las categorías ya ofrecidas. Por tal motivo y cuando era posible hacerlo, estas respuestas se ignoraron (en el caso de que, a parte de la especificación, el colaborador ya hubiera seleccionado la categoría dentro de la cual era lógico incluirla) o fueron computadas como una elección más de la categoría correspondiente (cuando se había escrito la especificación pero no se había marcado la opción en la que se englobaría).

Pregunta n.º 3

Refiriéndose al texto 1 o B:

- * *Posiblemente, por mi edad, estoy más familiarizada con este estilo.*
- * *Mis conocimientos científicos sobre el tema; además del interés que suscitan en mí estos temas.*
- * *Se explica con el rigor científico requerido, pero en términos claros y sin complicaciones innecesarias.*

Refiriéndose al texto 2 o A:

- * *La analogía establecida en la explicación entre el funcionamiento del sistema tratado y un sistema conocido de nuestro día a día.*
- * *La comparación con un procedimiento habitual.*
- * *Repeticiones. Actualidad y comprensibilidad de la comparación elegida (contraseña).*
- * *La analogía con las contraseñas.*
- * *La comparación con la contraseña.*
- * *Comparación con elementos cotidianos que facilitan la comprensión.*
- * *Realizar comparaciones con conceptos que manejamos cotidianamente.*
- * *Al compararlo con cosas y acciones mas próximas a mi día a día. Una vez leído el primer texto (A) el segundo (B) resulta mas fácil.*
- * *El hecho de conocer ya los conceptos a partir del texto A.*
- * *La comparación de conceptos científicos con elementos de uso diario como las redes sociales, las contraseñas de tu usuario, etc.*

Pregunta n.º 4

Refiriéndose al texto 1 o B:

- * *Lo he comprendido perfectamente, pero en el otro es más intuitivo.*
- * *La explicación del procedimiento, alejada de la de otros procesos macroscópicos de más fácil comprensión, más técnica en la materia tratada y no entendible por cualquier lector.*
- * *No he tenido problemas, aunque reconozco que tenía conocimientos.*

Refiriéndose al texto 2 o A:

- * *No es científico.*
- * *Es más sencillo y con buenos ejemplos para entenderlo a personas con pocos conocimientos de genética.*
- * *Verdaderamente, no he encontrado dificultad para entender el texto n.º 2, pero me ha resultado menos atractivo.*
- * *La simplificación despista y no aclara con imágenes como pretende.*
- * *Me parece más irrelevante.*
- * *Hacer una equivalencia con Instagram, que no conozco.*

Pregunta n.º 5

- * *Creo que el 2.º está más cerca de una audiencia y el primero de otra. Tal vez el primero parezca más riguroso, pero el 2.º, puede generar una inquietud por conocer más sobre el tema en ese segmento de la población. Con el primero, que a mí me encanta, podría perderse a cierta gente no familiarizada con la biología.*
- * *El texto 2 me parece incompleto, aporta menos información, pero no menos fiable.*
- * *Igual de fiable en ambos casos pero quizá mas rigurosa en el texto 1.*
- * *Con el texto 1 no se entiende el concepto de forma inmediata; habría que leerlo con más detenimiento, sin embargo el texto 2 es de fácil comprensión y más entretenido pero si que parece más científico el texto 1 y por lo tanto más serio.*
- * *Creo que el texto A llega a más población, difundiendo la ciencia de forma más sencilla.*
- * *Depende del público que escuche, utilizaría un texto u otro.*
- * *No creo que sea el tono, sino que el texto A es menos explícito que el texto B, por lo que yo particularmente lo entiendo peor.*
- * *Creo que ambos eran tonos correctos para según qué tipo de lector, sin restar seriedad o fiabilidad en ningún caso.*

Encuesta de autovaloración de las capacidades para comunicar ciencia

¿Cuán preparado se siente para comunicar sus conocimientos en ciencia?

ENCUESTA PARA LICENCIADOS O GRADUADOS EN DISCIPLINAS CIENTÍFICO-TÉCNICAS

Los datos recopilados se utilizarán para la realización de un Trabajo Fin de Máster en la Universidad de Barcelona.

•Obligatorio

1.- Durante el transcurso de su formación superior, ¿recibió, como parte del programa de estudios, formación en comunicación científica para el público lego?

Responda *

☐ Sí

☐ No

2.- ¿Ha asistido por su cuenta a cursos o charlas con el objetivo de aprender o mejorar la forma en comunicar ciencia a un público lego?

Responda *

☐ Sí

☐ No

3.- Valore cómo de preparado se siente para comunicar la ciencia que ha estudiado a un público lego, a partir de los conocimientos adquiridos en su formación superior, siendo 1 el valor mínimo y 5 el valor máximo.

Es decir:

1 = Nada preparado

2 = Poco preparado

3 = Bastante preparado

4 = Muy preparado

5 = Totalmente preparado

Elija *

	1	2	3	4	5	
Nada preparado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente preparado

4.- Valore cómo de importante cree que es que la ciencia sea transmitida de una forma eficaz al público lego, siendo 1 el valor mínimo y 5 el valor máximo.

Es decir:

1 = Nada importante

2 = Poco importante

3 = Bastante importante

4 = Muy importante

5 = De crucial importancia

Elija *

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De crucial importancia

5.- Teniendo en cuenta que usted se ha formado en el ámbito científico, cuando se interesa por alguna otra disciplina científica diferente, ¿siente que, en general, pese a ser ya científico y conocer algunas de las bases sobre las que se sustenta el conocimiento, así como la forma típica del discurso en ciencia, la comunicación es demasiado compleja y encriptada? Responda eligiendo un valor, siendo el 1 un sí rotundo y el 5 un no rotundo.

Es decir:

1 = Absolutamente sí. Siente que la información es muy compleja y está muy encriptada, dificultando sobremanera la comprensión

2 = Sí. Aun teniendo formación en un ámbito científico, no considera que la comunicación sea eficaz. Llega a entender someramente la idea general, pero le cuesta.

3 = Le es indiferente. Cree que por lo general la información se presenta de una forma adecuada pero que podría ser aún más clara y fácil de entender.

4 = No. Pese a que hay parte de la información que no llega a comprender completamente, en líneas generales es capaz de comprender bien una gran parte.

5 = Absolutamente no. Siente que la información está perfectamente clara y no tiene ninguna dificultad en comprenderla.

Elija *

	1	2	3	4	5	
Sí	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	No

6.- Cuando se interesa por alguna otra rama diferente de la ciencia, encuentra que lo que más dificulta una transmisión eficaz de las ideas fundamentales es...:

Puede elegir más de una opción.

Si elige la opción "Otro", puede escribir qué es lo que usted considera.

Si considera que no hay nada que dificulte una transmisión eficaz de las ideas fundamentales, seleccione "Otro" y escriba "nada".

Seleccione *

- ☐ Jerga científica y tecnicismos
- ☐ Una estructura del discurso muy cerrada, típica en escritura y oratoria científicas
- ☐ Un exceso de datos que no se relacionan de manera clara con la tesis o idea principal
- ☐ La falta de paralelismos y referencias al mundo cotidiano que contextualicen la información y la relacionen con otros ámbitos, permitiendo que la idea quede más clara
- ☐ Otro: _____

7.- Según su criterio, y sabiendo que se deben sacrificar diferentes elementos del discurso riguroso científico para que el público lego pueda comprender las ideas fundamentales, ¿qué es lo que usted sacrificaría si tuviera que comunicar una idea científica a una audiencia lego?

Puede elegir más de una opción.

Si elige la opción "Otro", puede escribir qué es lo que usted sacrificaría.

Si considera que no hay nada que deba sacrificarse, seleccione "Otro" y escriba "nada".

Elija *

- ☐ El uso de tecnicismos y de jerga o vocabulario científicos
- ☐ La estructura típica del discurso científico, abriéndola a diferentes formatos menos académicos
- ☐ La presentación de datos que corroboren la tesis o idea principal
- ☐ Otro: _____

8.- ¿De qué ámbito de la ciencia viene usted?

Si cree que su ámbito no está perfectamente reflejado entre las opciones, elija la que personalmente crea que se adecua mejor a sus conocimientos.

Elija *

- ☐ Ciencias formales (matemáticas, computación)
- ☐ Ciencias naturales (física, química, geología, biología, etc.)
- ☐ Ciencias de la salud (medicina, enfermería, odontología, psicología, farmacia, veterinaria, etc.)
- ☐ Ciencias tecnológicas (arquitectura e ingenierías en general)